



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN DERMAGA *ISLAND BERTH*
UNTUK KAPAL TANKER 85.000 DWT UNTUK
LOADING OIL PRODUCT : BBM RON 85 DI
TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG**

ADITA UTAMI
NRP 3112 100 145

Dosen Pembimbing
Ir. Fuddoly, M.Sc.
Cahya Buana, S.T, M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN DERMAGA *ISLAND BERTH*
UNTUK KAPAL TANKER 85.000 DWT UNTUK
LOADING OIL PRODUCT : BBM RON 85 DI
TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG**

ADITA UTAMI
NRP 3112 100 145

Dosen Pembimbing
Ir. Fuddoly, M.Sc.
Cahaya Buana, S.T, M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**DESIGN OF ISLAND BERTH DOCK FOR 85.000
DWT TANKERHIP FOR LOADING OIL PRODUCT :
BBM RON 85 IN TERSUS PT. BADAK NGL,
BONTANG**

**ADITA UTAMI
NRP 3111 100 145**

**Academic Supervisors
Ir. Fuddoly, M.Sc.
Cahya Buana, S.T, M.T.**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK
KAPAL TANKER 85.000 DWT UNTUK *LOADING OIL*
PRODUCT : BBM RON 85 DI TERSUS PT BADAQ NGL,
BONTANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ADITA UTAMI
NRP. 3112 100 145

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Fuddoly, M.Sc. (Pembimbing I)
NIP : 196102071986011001

2. Cahya Buana, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIP : 197209272116041001

**SURABAYA
JULI, 2016**

**PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK
KAPAL TANKER 85.000 DWT UNTUK *LOADING OIL*
PRODUCT : BBM RON 85 DI TERSUS PT BADAK NGL,
BONTANG**

Nama Mahasiswa : Adita Utami
NRP : 3112 100 145
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Fuddoly., M.Sc
Cahya Buana, S.T., M.T.

Abstrak

Seiring dengan peningkatan permintaan Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis premium yang diprediksi oleh BUMN minyak dan gas (MIGAS) sebesar 31 juta kiloliter dimulai dari tahun 2013, maka PT. Pertamina (Persero) berencana untuk meningkatkan kapasitas kilang-kilang minyak yang ada dengan cara melakukan pengembangan untuk kilang baru yang akan diletakkan pada area offshore PT. Badak NGL Bontang. Kilang tersebut direncanakan mengalami penambahan kapasitas produksi sebesar 200.000 barel/hari.

Untuk mendukung peningkatan kegiatan produksi dan pengiriman Bahan Bakar Minyak Premium diperlukan adanya suatu dermaga yang dapat melayani peningkatan arus bongkar muat minyak yang akan meningkat seiring dengan peningkatan produksi. Dermaga Island Berth yang direncanakan adalah dermaga minyak untuk kapal tanker dengan kapasitas 85000 DWT.

Perencanaan dermaga baru ini telah diwujudkan dalam bentuk gambar rencana pengembangan dermaga. Namun untuk mewujudkan pembangunan dermaga tersebut diperlukan detail engineering desain yang meliputi perencanaan loading platform, breasting dolphin, mooring dolphin, catwalk, dan floating pontoon. Selain detail engineering desain perlu juga ditinjau

kebutuhan kedalaman perairan pada area dermaga Island Berth, hal ini dikarenakan kedalaman perairan harus mencukupi draft dari kapal 85.000 DWT yang direncanakan akan bersandar di dermaga minyak PT. Pertamina (Persero).

Pengerjaan konstruksi dermaga Island Berth sepenuhnya dilakukan di laut, sehingga dalam pengerjaannya digunakan kapal pontoon sebagai direksi kit. Perencanaan dermaga Island Berth ini mencakup perencanaan fasilitas laut, perencanaan struktur dermaga, dan perencanaan alat-alat yang digunakan untuk proses bongkar muat. Selain itu perlu juga direncanakan terkait metode pelaksanaan pembangunan yang akan digunakan dalam pembangunan dermaga tersebut. Dalam perencanaan dermaga juga harus ditinjau terkait rencana anggaran biaya dari dermaga tersebut.

Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan dermaga dengan ketentuan Loading Platform sebesar 35,5 x 24 m², Breasting dolphin 8 x 8 m², Mooring Dolphin 6,5 x 6,5 m², Catwalk dengan panjang 24, 28, dan 30 meter, dan struktur floating pontoon. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga ini adalah Rp. 192. 194.800.00

Kata Kunci : Dermaga Island Berth, Kapal Tanker 85000 DWT, Struktur Dermaga, Metode Pelaksanaan, Rencana Anggaran Biaya.

**DESIGN OF ISLAND BERTH DOCK FOR 85.000
DWT TANKERHIP FOR LOADING OIL PRODUCT :
BBM RON 85 AT TERSUS PT. BADAK NGL,
BONTANG**

Name	: Adita Utami
NRP	: 3112 100 145
Department	: Civil Engineering FTSP – ITS
Supervisor	: Ir. Fuddoly., M.Sc Cahya Buana, S.T., M.T.

Abstract

The increasing needs of fuel which is predicted by BUMN Oil and Gas division is about 31 million ton/year start from the beginning of 2013, so PT. Pertamina (Persero) have a planned to increase the capacity of the fuel refinery by develop new refinery which is located in the offshore area of PT. Badak NGL, Bontang. These refineries were planned to increase the capacity of BBM RON 85 about 200.000 barrel/day.

In order to support the increasing of production and distribution of fuel, the port need to be able to serve ships which has bigger capacity by the increasing of fuel's production. Island Berth's design is expected to be able to handle ship up to 85000 DWT.

The drawing of this Island Berth have been planned as a dock development. In order to realize this project, there should be a detail of engineering design of the Island Berth include : loading platform structure, breasting dolphin, mooring dolphin, catwalk, and floating pontoon. Besides the detail of engineering design, there should be an evaluation to evaluate the depth of the Island Berth's area because of the depth should be sufficient for draft of 85000 DWT tankership which si plan to berthing on the dock of PT. Pertamina (Persero).

The construction of the Island Berth is on the offshore area, so during the construction process using pontoon ship as the direction keel. The objective development of this Island Berth contain of offshore facilities, dock structure, and equipments which is used for loading and unloading of oil product. Besides, there should be plann for the construction method of the Island Berth. In the dock development, there should be budget plan of the project.

From the construction analysis, the requirement of the dock design are : loading Platform $35,5 \times 24 \text{ m}^2$, Breasting dolphin $8 \times 8 \text{ m}^2$, Mooring Dolphin $6,5 \times 6,5 \text{ m}^2$, Catwalk 24, 28, and 30 meter, andd floating pontoon structure. The budget plan to construct this project is about Rp. 192. 194.800.000.

Key Word : Dock, Island Berth , 85000 DWT Tankership, Dock Structure, Construction method, construction cost.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Dermaga *Island Berth* untuk Kapal Tanker 85.000 DWT di Terminal Khusus PT. Badak NGL Bontang" tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan, dukungan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT., atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak Adi Santoso, M.Pd dan Ibu Jumiati, S.Pd, ayah dan ibuku tercinta yang selalu memberi dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak pernah ada putusnya.
3. Bapak Ir. Fuddoly., M.Sc., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak Cahya Buana., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Adikku Rina Adiastuti dan Octarina Adiati Juniasih, yang selalu memberi dukungan dan doanya untuk kakak,
6. Mas Rizky Akbar Wiradhika, S.T, terima kasih atas doa, waktu, dukungan dan pengertiannya untuk selalu menemani.
7. Fedya, yang telah membantu dan memberi dukungan.
8. Denissa dan Christianto, sahabat yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir sekaligus tempat berbagi cerita.

9. Fahmi, Farok, Dimaz, Shobi, Bayu, Negar, dan Mujahid , Pasukan Tugas Akhir pelabuhan, yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
10. Teman-teman S-1 Teknik Sipil ITS 2012 lainnya, terima kasih atas semangat perjuangan yang telah diberikan,
11. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar di masa yang akan datang menjadi lebih baik.

Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak. Dan penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Perumusan Masalah.....	4
1.3.Tujuan perencanaan.....	4
1.4.Lingkup Perencanaan	4
1.5.Batasan Masalah.....	5
1.6.Lokasi	5
1.7.Metodologi	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Umum	13
2.2. Data Perencanaan	13
2.2.1. Bathymetri.....	13
2.2.2. Data Arus	14
2.2.3. Pasang Surut.....	15
2.2.4. Data Angin	16
2.2.5. Data Tanah	18
2.2.6. Data Kapal.....	19
2.2.7. Data Fasilitas Alat	19
2.3. Analisis Data	19
2.4.Evaluasi Layout.....	22
2.4.1. Evaluasi Layout Perairan	22
2.4.2. Evaluasi Layout Daratan	26
2.5. Kriteria Perencanaan Dermaga.....	29
2.6. Kriteria Pembebanan	29
2.6.2. Horizontal.....	30
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR	129
6.1. Perencanaan Loading Platform	129

6.1.1. Perencanaan Pelat.....	130
6.1.1.1. Tipe Pelat	130
6.1.1.2. Pembebanan	135
6.1.1.3. Perhitungan Momen	138
6.1.1.3.1. Momen akibat QD dan QL.....	138
6.1.1.3.2. Rekapitulasi Momen pada Pelat ..	144
6.1.1.4. Perhitungan Tulangan Dua Arah.....	145
6.1.1.4.1. Perhitungan Tulangan Tumpuan .	146
6.1.1.5. Perhitungan Tulangan Satu Arah	150
6.1.1.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pelat	153
6.1.2. Perencanaan Balok	155
6.1.2.1. Tipe Balok.....	155
6.1.2.2. Pembebanan	156
6.1.2.3. Pemulangan Balok Melintang	159
6.1.2.4. Penulangan Balok Memanjang	167
6.1.3. Perencanaan Pile Cap.....	175
6.1.3.1. Tipe Pile Cap.....	175
6.1.3.2. Beban dan Momen	176
6.1.3.3. Perhitungan Tulangan Pile Cap.....	177
6.1.3.4 Kontrol	180
6.1.4. Perencanaan Pondasi.....	183
6.1.4.1. Tipe Pondasi.....	183
6.1.4.2. Data Perencanaan Tiang Pancang	184
6.1.4.3. Gaya dan Momen	184
6.1.4.4. Kebutuhan Kedalaman Tiang Pancang ..	184
6.2. Perhitungan Struktur Breasting Dolphin	187
6.2.1. Umum.....	187
6.2.2. Perhitungan Struktur	187
6.2.3. Perhitungan Struktur	195
6.3. Perhitungan Struktur Mooring Dolphin	207
6.3.1. Umum.....	207
6.3.2. Perhitungan struktur.....	207
6.3.2.1. Konfigurasi Tiang Pancang dan poer	207
6.3.2.2. Pembebanan Struktur	209
6.3.2.3. Kombinasi Pembebanan.....	211

6.3.2.4. Penulangan Poer	212
6.3.2.5. Kontrol Geser Pons	214
6.4. Perencanaan Struktur Catwalk	221
6.4.1. Umum	221
6.4.2. Perencanaan Balok Utama	221
6.4.2.1. Spesifikasi Balok Utama.....	221
6.4.2.2. Pembebanan Pada Balok Utama	222
6.4.2.3. Perhitungan Struktur Catwalk.....	224
6.4.3. Perencanaan Kerangka Balok	230
6.4.3.1. Spesifikasi Kerangka Balok.....	230
6.4.3.2. Pembebanan Pada Balok Utama	231
6.4.3.3. Perhitungan Struktur Catwalk.....	231
6.4.4. Perencanaan Struktur Bawah Catwalk.....	234
6.4.5. Perencanaan Pondasi Bantalan Catwalk	241
6.5. Perencanaan Floating Pontoon	249
6.5.1. Umum	249
6.5.2. Kriteria Kapal.....	249
6.5.3. Perbandingan Floating pontoon	250
6.5.4. Spesifikasi bagian-bagian dermaga apung.....	251
6.5.5. Kriteria Desain Sistem Tambat	259
6.5.6. Desain Floating Pontoon.....	260
BAB VII METODE PELAKSANAAN	265
7.1. Umum.....	265
7.2. Metode Pelaksanaan <i>Island Berth</i>	266
7.2.1. Tahap Prakonstruksi.....	266
7.2.2. Tahap Konstruksi	268
7.2.2.1. Pemancangan Tiang Pemancang.....	268
7.2.2.2. Pelaksanaan <i>Pile Cap</i>	271
7.2.2.3. Pelaksanaan Balok dan Pelat	274
7.2.3. Tahap Pasca Kontruksi.....	277
7.3. Metode Pelaksaaan <i>Catwalk</i>	279
7.3.1. Tahap Kontruksi.....	279
7.3.2. Tahap Pasca Konstruksi	280
7.4. Metode Pelaksaaan <i>Floating pontoon</i>	280
7.5. <i>Commisioning</i>	281

BAB VIII RENCANA ANGGARAN BIAYA	283
8.1. Umum.....	283
8.2. Harga Material dan Upah	283
8.3. Analisis Harga Satuan	287
8.4. Rencana Anggaran Biaya	292
8.5. Rekapitulasi	295
BAB IX KESIMPULAN	297

Daftar Gambar

BAB I

Gambar 1.1 Peta Kota Bontang, Skala: 1:25000	1
Gambar 1.2 Layout Detail Jetty <i>Island Berth</i>	3
Gambar 1.3 Tampak Depan Struktur Jetty <i>Island Berth</i>	3
Gambar 1.4 Peta Kota Bontang, Skala: no scale picture ...	5
Gambar 1.5 Bathymetri <i>Island Berth</i>	6
Gambar 1.6 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	7

BAB II

Gambar 2.1 Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan di Darat	17
Gambar 2.2 Penempatan <i>Mooring Dolphin</i>	29
Gambar 2.3 Fungsi dari Φ dari r/L Terhadap CE	31
Gambar 2.4 Benturan Kapal pada <i>Breasting Dolphin</i>	32
Gambar 2.5 Kecepatan Bertambat Kapal	34
Gambar 2.6 Kondisi Kapal Bertambat Dengan Draft Maksimum	35
Gambar 2.7 Kondisi Kapal Berlabuh Menumbuk Fender .	36
Gambar 2.8 Tipe Struktur Dermaga	37
Gambar 2.9 Arah Gaya dari Bollard	39
Gambar 2.10 Double QRH Tampak Atas	40
Gambar 2.11 Double QRH Tampak Samping.....	40
Gambar 2.12 Koefisien Arus	42
Gambar 2.13 Koefisien Tekanan Angin	42
Gambar 2.14 Distribusi Beban Pelat	47

BAB III

Gambar 3.1 Peta Bathymetri Perairan Bontang	60
Gambar 3.2 Peta Bathymetri Perairan Bontang	61

Gambar 3.3 Potongan Melintang Lokasi Dermaga <i>Island Berth</i> Perairan Bontang	62
Gambar 3.4 Grafik Pengukuran Pasang Surut di Stasiun Pasang Surut Sekambing	63
Gambar 3.5 <i>Current Rose</i> di Lokasi Perencanaan <i>Island Berth</i>	66
Gambar 3.6 Peta Lokasi Pengambilan Data Angin	68
Gambar 3.7 <i>Windrose</i> Perairan Kota Bontang	69
Gambar 3.8 Grafik Nilai NSPT Daerah <i>Island Berth</i>	73
Gambar 3.9 Gambar Detail Tanker Minyak	74

BAB IV

Gambar 4.1 <i>General Layout</i> Rencana Dermaga <i>Island Berth</i>	77
Gambar 4.2 <i>Layout</i> Daratan Rencana Awal	78
Gambar 4.3 <i>Layout</i> Perairan Dermaga <i>Island Berth</i>	86
Gambar 4.4 <i>Layout</i> Perencanaan Dermaga <i>Island Berth</i> ..	90

BAB V

Gambar 5.1 Spesifikasi <i>Marine Loading Arm</i>	92
Gambar 5.2 Sudut Jangkauan <i>Marine Loading Arm</i>	93
Gambar 5.3 <i>Envelop Marine Loading Arm</i>	94
Gambar 5.4 Kondisi Kapal Bertambat Saat Kosong dan Pasang	95
Gambar 5.5 Kondisi Kapal Bertambat Saat Terisi Penuh dan Surut	96
Gambar 5.6 <i>Lexxon Gangway Coloumn (LX02)</i>	97
Gambar 5.7 <i>Fire Monitor Tower</i>	98
Gambar 5.8 <i>Fixed Pillar Rotatory Arm Crane</i>	99
Gambar 5.9 Kecepatan Bertambat Kapal	106

Gambar 5.10 Kondisi Kapal Bertambat dengan Draft Maksimum	107
Gambar 5.11 C_c Berdasarkan Rekomendasi PIANC	108
Gambar 5.12 Spesifikasi Fender	111
Gambar 5.13 <i>Frontal Frame</i>	113
Gambar 5.14 Tipe Sistem Fender	115
Gambar 5.15 NC3 Anchors	116
Gambar 5.16 Bracket	116
Gambar 5.17 U-Anchors	117
Gambar 5.18 Chain Tensioners	118
Gambar 5.19 High Strength Shackle	119
Gambar 5.20 Bolts, Nuts and Washers	120
Gambar 5.21 Open link chains	121
Gambar 5.22 Pemasangan Fender Arah Vertikal	122

BAB VI

Gambar 6.1 <i>Layout</i> Rencana Alat dan Fasilitas <i>Loading Platform</i>	130
Gambar 6.1.1 Tipe Pelat 1 <i>Loading Platform</i>	131
Gambar 6.1.2 Tipe Pelat 2 <i>Loading Platform</i>	131
Gambar 6.1.3 Tipe Pelat 3 <i>Loading Platform</i>	132
Gambar 6.1.4 Tipe Pelat 4 <i>Loading Platform</i>	132
Gambar 6.1.5 Tipe Pelat 5 <i>Loading Platform</i>	133
Gambar 6.1.6 Tipe Pelat 6 <i>Loading Platform</i>	134
Gambar 6.1.7 Tipe Pelat 7 <i>Loading Platform</i>	134
Gambar 6.1.8 Tipe Pelat 8 <i>Loading Platform</i>	135
Gambar 6.1.9 Letak Jenis Pelat pada <i>Loading Platform</i> ...	136
Gambar 6.1.10 Tinggi Manfaat Pelat	146
Gambar 6.1.12 Beban Area pada <i>Loading Platform</i>	157
Gambar 6.1.13 Beban Terpusat Akibat Utilitas Alat	158

Gambar 6.13 Penulangan Balok Melintang <i>Loading Platform</i>	167
Gambar 6.14 Penulangan Balok Memanjang <i>Loading Platform</i>	175
Gambar 6.15 Gaya yang Terjadi pada Pile Cap	177
Gambar 6.2.1 Layout Breasting	188
Gambar 6.2.2 Tampak Samping Struktur Breasting	188
Gambar 6.3.1 Layout Mooring	208
Gambar 6.3.2 Tampak Samping Struktur Mooring	208
Gambar 6.3.3 Sudut Vertikal pada Mooring Dolphin Saat Kapal Draft Maksimum	210
Gambar 6.3.4 Sudut Vertikal pada Mooring Dolphin saat kapal draft minimum	210
Gambar 6.4.1 Pelat 1 Bar Grating	222
Gambar 6.4.2 Permodean 3D Struktur Catwalk 24, 28, dan 30 Meter	247
Gambar 6.4.3 Permodelan 3D Struktur Bantalan Catwalk.	248
Gambar 6.5.1 Speedboat Rencana	249
Gambar 6.5.2 Kelengkapan Floating Pontoon	252
Gambar 6.5.3 Sambungan Antarbox Floating Pontoon	252
Gambar 6.5.4 Susunan Box Floating Pontoon yang Telah Disambung	253
Gambar 6.5.5 Rangka Hollow Galvanized Steel	253
Gambar 6.5.6 Rangka Hollow Galvanized Steel	254
Gambar 6.5.7 Gangway pada Floating Pontoon	255
Gambar 6.5.8 Spesifikasi Gangway	256
Gambar 6.5.9 Tiang Pancang	257
Gambar 6.5.10 Foam Fender	257
Gambar 6.5.11 Ring Point Bollard	258
Gambar 6.5.12 Banister	259
Gambar 6.5.13 Dimensi Floating Pontoon	260

Gambar 6.5.14 Draft Floating Pontoon	262
Gambar 6.5.15 Tampak Samping Floating Pontoon	263

BAB VII

Gambar 7.1 Diagram Alir Pekerjaan Proyek Dermaga <i>Island Berth</i>	265
Gambar 7.2 Mobilisasi Tiang Pancang ke Arah Proyek ...	269
Gambar 7.3 Pemancangan Menggunakan Crawler Crane dan Pontoon	269
Gambar 7.4 Penyambungan Tiang Pancang Menggunakan Las	270
Gambar 7.5 Tiang Pancang yang Telah Dipotong Dengan Elevasi tertentu	270
Gambar 7.6 Selimut Beton Tiang Pancang Baja	271
Gambar 7.7 Landasan Bekisting Pilecap	271
Gambar 7.8 Pemasangan Bekisting Pilecap	272
Gambar 7.9 Penulangan Pilecap	273
Gambar 7.10 Pengecoran Pilecap	273
Gambar 7.11 Pekerjaan Beton In-situ Menggunakan Kapal Tongkang, Mixer Concrete dan Concrete Pump	274
Gambar 7.12 Penulangan pada Pelat Lantai	275
Gambar 7.13 Pengecoran pada Pelat Lantai	275
Gambar 7.14 Pemasangan Baut Angker Fender dan Resin	277
Gambar 7.15 Bollard yang Telah Terpasang	278

Daftar Tabel

BAB II

Tabel 2.1 Tinggi gelombang izin pelabuhan	18
Tabel 2.2 Kebutuhan ukuran alur masuk	23
Tabel 2.3 Kebutuhan areal penjangkaran	25
Tabel 2.4 Hubungan kecepatan bertambat kapal dan DWT	34
Tabel 2.5 Faktor Keamanan Fender	38
Tabel 2.6 Nilai untuk menentukan gaya tarikan kapal	39
Tabel 2.7 Koefisien, C3, C4, C5	46

BAB III

Tabel 3.1 Hasil perhitungan nilai pasang surut menggunakan <i>software T-Tide</i>	64
Tabel 3.2 Hasil perhitungan evaluasi pasang surut berdasarkan formula Surimiharja	65
Tabel 3.3 Frekuensi rata-rata kejadian angin per bulan selama 10 tahun	69
Tabel 3.3 Analisa hasil NSPT	71

BAB IV

Tabel 4.1 Dimensi layout rencana awal	79
Tabel 4.2 Evaluasi layout perairan	84

BAB V

Tabel 5.1 Hubungan kecepatan bertambat kapal dan DWT	106
Tabel 5.2 Acuan Perhitungan Beban Frontal Panel	112
Tabel 5.3 Tekanan kontak ijin Lambung Kapal	114
Tabel 5.4 Spesifikasi NC3 Anchors	116

Tabel 5.5 Spesifikasi bracket	117
Tabel 5.6 Spesifikasi U-Anchors	118
Tabel 5.7 Spesifikasi Chain tensioners	119
Tabel 5.8 Spesifikasi High Strength shackle	120
Tabel 5.9 Spesifikasi Bolts, Nuts and Washers	121
Tabel 5.10 Spesifikasi open link chains	121
Tabel 5.11 Nilai untuk menentukan gaya tarikan kapal	122
Tabel 5.12 hasil analisis lokasi gempa Kota Bontang	127

BAB VI

Tabel 6.1.1 Momen pada Pelat	137
Tabel 6.1.2 Rekapitulasi Hasil Momen	144
Tabel 6.1.3 Rekapitulasi Jarak Tulangan	153
Tabel 6.1.4 Rekapitulasi Kontrol Retak pada Pelat	155
Tabel 6.1.5 Hasil Kombinasi Beban pada Balok Memanjang	158
Tabel 6.1.6 Hasil Kombinasi Beban pada Balok Melintang	159
Tabel 6.1.7 Tabel Penulangan Balok Melintang Loading Platform	167
Tabel 6.1.8 Rekapitulasi Penulangan Balok Memanjang Loading Platform	175
Tabel 6.1.9 Rekapitulasi Penulangan Pilecap	179
Tabel 6.1.10 Rekapitulasi Hasil Kontrol Retak Pilecap	180
Tabel 6.2.1 Rekapitulasi Gaya dalam Tiang	196
Tabel 6.4.1 Rekap Gaya dalam Tiang	217
Tabel 6.11 Tabel Tegangan dan defleksi	223
Tabel 6.12 Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Utama	224
Tabel 6.13 Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Utama	226
Tabel 6.14 Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Utama	228

Tabel 6.15 Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Kerangka	232
Tabel 6.6 Kombinasi Pembebanan pada Tiang	242
Tabel 6.5.1 Perbedaan Produk Floating Pontoon	250
Tabel 6.5.2 Perhitungan pembebanan pada floating pontoon	261
Tabel 6.5.3 Perhitungan draft Floating Pontoon	262

BAB VIII

Tabel 8.1 Daftar upah pekerja	283
Tabel 8.2 Daftar harga material dan peralatan	286
Tabel 8.3 Daftarharga sewa alat	287
Tabel 8.4 Analisis Harga Satuan	287
Tabel 8.5 Biaya Pekerjaan persiapan	292
Tabel 8.6 Biaya pekerjaan loading platform	293
Tabel 8.7 Biaya pekerjaan Breasting Dolphin	293
Tabel 8.8 Biaya Pekerjaan Mooring Dolphin	294
Tabel 8.9 Biaya pekerjaan catwalk	294
Tabel 8.10 Biaya Pekerjaan floating pontoon	294

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bontang merupakan salah satu kota di provinsi Kalimantan Timur yang letaknya 120 km dari pusat kota Samarinda. Secara geografis, kota Bontang terletak pada 0.137° LU dan 117.5° BT dan berbatasan langsung dengan kabupaten Kutai Timur. Bontang dikenal sebagai kota industri, jasa, serta perdagangan. Hal ini dibuktikan dengan berdirinya tiga perusahaan besar yaitu : Badak LNG Bontang bergerak di bidang pengolahan gas alam, Pupuk Kalimantan Timur bergerak dibidang industri pupuk dan ammonia, serta Indomico Mandiri bergerak dibidang pertambangan batu bara. Peta kota Bontang dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1- Peta kota Bontang, Skala: 1 :25000
(Sumber: *earth.google*)

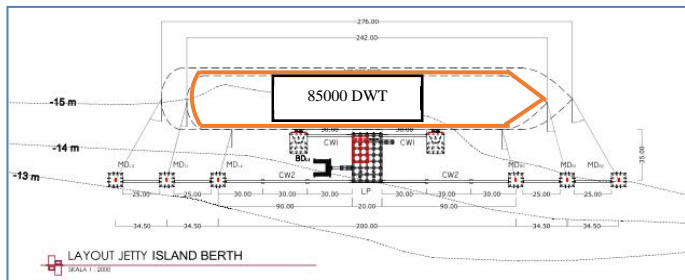
PT. Pertamina (Persero) merupakan sebuah perusahaan BUMN yang bertugas mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia. Pertamina memiliki kilang minyak yang

berlokasi di kota Bontang. Kilang minyak yang dimiliki memiliki kapasitas 100 ribu barrel perharinya. Pada tahun 2008 kebutuhan BBM dalam negeri mencapai 1,1 juta barrel per hari sedangkan produksi bahan bakar minyak (BBM) jenis premium dari seluruh kilang minyak di Indonesia hanya 740 ribu barrel perhari. Dari total kebutuhan BBM tersebut, Indonesia mengalami defisit sebesar 360 ribu barrel per harinya yaitu sekitar 33 persen dari 100 persen total kebutuhan BBM. Seiring dengan peningkatan permintaan Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis premium yang diprediksi oleh pemerintah sebesar 31 juta kiloliter pada tahun 2013, pemerintah bersama PT. Pertamina berencana untuk meningkatkan kapasitas kilang-kilang minyak yang ada dengan cara melakukan pengembangan untuk kilang baru yang akan diletakkan pada area offshore PT. Badak NGL Bontang. Kilang tersebut direncanakan mengalami penambahan kapasitas produksi sebesar 200.000 barel/hari. Sehingga untuk mendukung peningkatan kegiatan produksi dan pengiriman Bahan Bakar Premium diperlukan adanya suatu dermaga yang dapat melayani peningkatan arus bongkar muat minyak yang akan meningkat seiring dengan peningkatan produksi.

Dengan adanya kapasitas besar yang perlu diproduksi dan ditampung, maka diperlukan suatu alat transportasi laut yang mampu mendistribusikan bahan bakar minyak jenis premium dalam jumlah besar. Untuk itu, digunakan kapal khusus bahan bakar minyak jenis premium berukuran 85000 DWT yang melayani rute pelayaran keluar masuk daerah industri di Bontang, sehingga harus direncanakan dermaga khusus yang bisa melayani kapal jenis ini.

Saat ini, dermaga minyak khususnya dermaga chargo minyak bahan bakar premium milik PT. NGL Bontang yang ada hanya mampu ditambati oleh kapal tanker yang memiliki kapasitas kurang dari 85.000 DWT. Padahal, untuk meningkatkan kapasitas produksi tersebut PT. NGL Bontang merencanakan untuk menggunakan kapal 85.000 DWT. Dengan adanya pembangunan dermaga chargo bahan bakar premium yang kuat, stabil, dan

ekonomis diharapkan pemerintah bersama PT. Pertamina dapat meningkatkan pelayanan kepada masyarakat Indonesia dengan cara menambah produksi dan supply bahan bakar minyak jenis premium ke seluruh pelosok Indonesia. Gambar layout dantampak depan perencanaan dermaga *island berth* dapat dilihat pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3.



Gambar 1.2 - Layout detail jetty *island berth*, Skala: no scale picture
(Sumber: Data layout perencanaan)



Gambar 1.3 - Tampak depan struktur jetty *island berth*, Skala: no scale picture
(Sumber: Data layout perencanaan)

1.2. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam perencanaan dermaga *Island Berth* untuk kapal 85.000 DWT di Terminal Khusus PT. Badak NGL Bontang, Kalimantan Timur adalah:

1. Diperlukan pengembangan pelabuhan berupa dermaga *Island Berth* chargo minyak bahan bakar premium akibat adanya peningkatan produksi dan arus bongkar muat
2. Bagaimana merencanakan dermaga yang terletak di area offshore Terminal Khusus PT. Badak NGL Bontang yang mampu menahan kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur.
3. Diperlukan penyusunan metode pelaksanaan pembangunan dermaga yang lengkap disertai dengan Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini yaitu :

1. Mampu mengevaluasi dan merencanakan desain layout perairan dan dermaga *Island Berth* chargo minyak bahan bakar premium untuk kapal tanker 85000 DWT
2. Mengetahui metode pelaksanaan pembangunan dermaga *island berth* chargo bahan bakar premium di Tersus PT. Badak LNG Bontang
3. Mengestimasi anggaran biaya pembangunan dermaga *island berth* chargo bahan bakar premium di Tersus PT. Badak LNG Bontang.

1.4. Lingkup Perencanaan

Lingkup Perencanaan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Evaluasi lay out perairan dan daratan
2. Perencanaan detail struktur dermaga chargo bahan bakar minyak (curah cair) meliputi : *Loading platform, breasting dolphin, mooring dolphin, catwalk, dan floating pontoon*
3. Metode Pelaksanaan dermaga
4. Analisis Anggaran Biaya

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam Tugas Akhir ini yaitu :

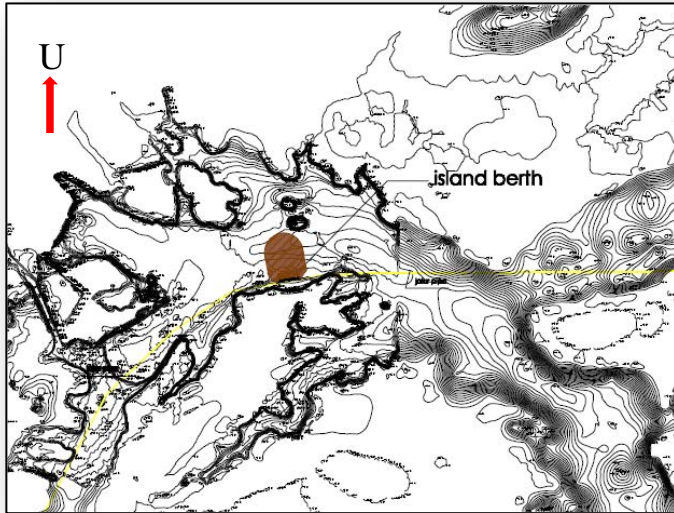
1. Tidak menganalisis gelombang dikarenakan Bontang merupakan area terlindung
2. Tidak menghitung pengerukan dan reklamasi
3. Tidak menganalisis alur pelayaran / SPM
4. Pembahasan hanya dikhususkan pada perencanaan layout perairan dan dermaga, perencanaan struktur dermaga meliputi, *Loading platform, breasting dolphin* dan *mooring dolphin, catwalk, dan floating pontoon*, perencanaan metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya

1.6. Lokasi Perencanaan

Perencanaan dermaga yang dilakukan berlokasi di area PT. NGL Badak Bontang Kalimantan Timur pada koordinat $0^{\circ} 5' 25.20''$ N $117^{\circ} 30' 29.21''$ E. Lokasi perencanaan dermaga Island Berth ini secara lengkap dapat dilihat pada gambar 1.4. dan 1.5



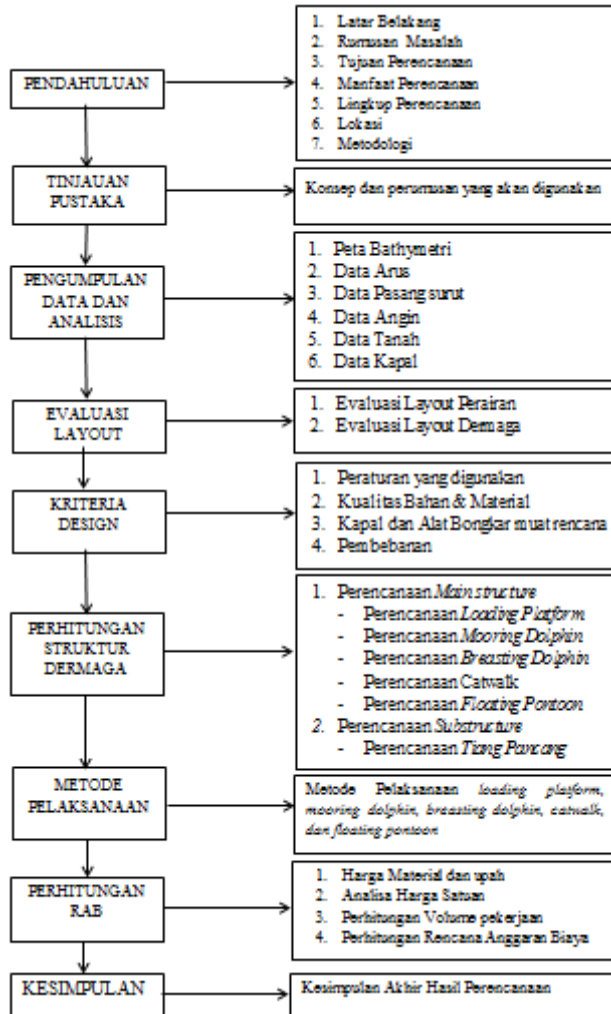
Gambar 1.4 – Peta Kota Bontang, skala : no scale picture
(Sumber: *google.earth.com*)



Gambar 1.5 - Bathymetri Island Berth, skala : no scale
picture
(Sumber: *Tim Interim Report ITS*)

1.7. Metodologi

Alur dalam perencanaan dermaga di dermaga Tersus PT. Badak LNG Bontang tersaji dalam gambar 3.1



Gambar 1.6 - Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Keterangan diagram alir metodologi penyusunan Tugas Akhir tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pendahuluan

Mempelajari latar belakang dan permasalahan yang ada direncana lokasi proyek kemudian menentukan rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup pekerjaan, dan detail lokasi.

2. Tinjauan Pustaka

Mempelajari konsep, dasar teori, dan perumusan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur dermaga.

3. Pengumpulan Data (sekunder) dan Analisis Data

Data yang digunakan untuk perencanaan adalah data sekunder yaitu :

- ❖ Data Bathymetri
- ❖ Data pasang surut
- ❖ Data arus
- ❖ Data Angin
- ❖ Data tanah
- ❖ Data kapal
- ❖ Data spesifikasi fasilitas alat bongkar muat yang digunakan

Analisis data meliputi :

- ❖ Analisis data bathymetri
- ❖ Analisis data arus
- ❖ Analisis data angin
- ❖ Analisis data tanah
- ❖ Analisis data pasang surut

4. Evaluasi Layout

a. Evaluasi Layout Perairan

1. Kriteria kapal yang akan masuk ke dermaga
2. Kebutuhan alur masuk (*entrance channel*)
3. Kebutuhan kolam putar (*Turning basin*)
4. Kebutuhan kolam dermaga.

b. Evaluasi Layout Dermaga

1. Elevasi dermaga

Elevasi dermaga dihitung pada saat muka air pasang tertinggi

2. Kebutuhan ukuran dermaga

Dalam menentukan ukuran dermaga maka hal-hal yang harus diperhatikan antara lain, jenis kapal dan jumlah kapal yang bertambat pada dermaga rencana serta kebutuhan untuk bermanuver alat-alat pendukung pada pengoperasian dermaga.

3. Kebutuhan ukuran bentang *mooring* dan *breasting dolphin*

4. Kebutuhan ukuran *catwalk*

5. Kebutuhan ukuran *floating pontoon*

5. Kriteria Desain

- Peraturan yang digunakan
- Kualitas Bahan dan Material
- Kriteria kapal dan alat bongkar muat rencana

Menentukan jenis kapal yang bertambat pada dermaga rencana beserta jumlah kapal yang bertambat pada dermaga rencana

- Pembebanan

Beban yang dihitung adalah beban vertikal yaitu : beban mati (berat sendiri konstruksi), beban hidup merata akibat muatan, beban hidup terpusat. Sedangkan beban horizontal yaitu : gaya tumbukan kapal, gaya tarikan kapal, gaya fender, gaya boulder, gaya arus, tekanan angin dan beban gempa

6. Perhitungan Struktur Dermaga

- Perhitungan *Main Structure*
 1. Perencanaan *Loading Platform*
 2. Perencanaan *Mooring Dolphin*
 - ❖ Perencanaan poer
 - ❖ Perencanaan bollard
 3. Perencanaan *Breasting Dolphin*

- ❖ Perencanaan poer
- ❖ Penulangan plank fender
- 4. Perencanaan *Catwalk*
 - ❖ Perencanaan pembalokan
 - ❖ Perencanaan struktur
- 5. Perencanaan *Floating Pontoon*

- Perhitungan *Substructure* / Struktur Bawah

- Struktur bawah : tiang pancang

Struktur dermaga yang akan direncanakan adalah dermaga open pier dan memakai tiang pancang sebagai pendukungnya. Langkah - langkah untuk perencanaan tiang pancang adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Tipe material tiang pancang, yaitu memakai tiang pancang baja atau tiang pancang beton
2. Menghitung daya dukung tiang pancang dengan metode Luciano Decourt
3. Menentukan tinggi daerah jepit tiang (Z_f)
4. Mengontrol kekuatan bahan yaitu membandingkan besarnya tegangan yang terjadi akibat beban luar harus lebih kecil dari pada tegangan ijin bahan
5. Mengontrol kekuatan tiang saat berdiri sendiri terhadap gelombang, dimana frekuensi tiang harus lebih besar dari pada frekuensi gelombang yang terjadi
6. Menghitung kedalaman pemancangan dengan sistem kalendering

7. Perencanaan Metode Pelaksanaan

Merencanakan metode pelaksanaan yang akan digunakan dalam perencanaan pembangunan dermaga. Metode yang direncanakan dalam pelaksanaan struktur dermaga ini meliputi : pelaksanaan pembangunan *loading*

platform, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, dan floating pontoon.

8. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Analisa ini dilakukan sesuai dengan standar dan kebutuhan yang ada. Hal ini terutama perlu memperhatikan adanya pengaruh inflasi dan faktor risiko. Tahapan dari analisa ini yaitu :

- a. Harga material dan upah
- b. Perhitungan volume pekerjaan
- c. Analisa harga satuan
- d. Perhitungan rencana anggaran biaya

9. Kesimpulan Hasil Rencana

Kesimpulan dari hasil perencanaan meliputi :

- a. Kriteria kapal rencana, ukuran dan penulangan dari struktur *loading platform, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, dan floating pontoon*
- b. Metode pelaksanaan untuk pelaksanaan pembangunan *loading platform, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, dan floating pontoon*
- c. Nilai keseluruhan anggaran biaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut PP 61 tahun 2009 pasal 1 ayat 3, pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi.

Wilayah DLKR (Daerah Lingkungan Kerja) pelabuhan terbagi menjadi wilayah perairan dan wilayah daratan. Wilayah perairan terdiri dari alur pelayaran, kolam pelabuhan dan breakwater. Sedangkan wilayah daratan terdiri dari terminal-terminal, baik itu untuk barang maupun penumpang. Terminal dibedakan berdasarkan jenis muatan yang ditanganinya.

2.2 Data Perencanaan

2.2.1 Data Bathymetri

Peta Bathymetri merupakan peta kontur yang berfungsi untuk mengetahui kedalaman dasar laut yang diukur dari posisi 0.00 m LWS. Peta Bathymetri dapat ditentukan dan dibuat menggunakan beberapa metode, antara lain menggunakan Theodolit, EDM (Electronic Data Measurement) atau GPS (Geographic Positioning System) yang digunakan untuk alat ukur jarak jauh. Sedangkan alat ukur untuk menentukan kedalaman menggunakan Echosounder beserta alat bantu lainnya.

Adapun penggunaan dari peta bathymetri ini adalah untuk :

- Mengetahui kedalaman dasar perairan dan bentuk kontur dasar laut/sungai sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal tongkang berkapasitas 85000 DWT (*Dead Weight Tonnage*).
- Mengetahui tingkat kelandaian dasar perairan sehingga dapat digunakan untuk menentukan tipe dermaga yang sesuai.
- Untuk menentukan elevasi rencana dermaga.
- Dapat menentukan volume pengerukan seandainya dibutuhkan adanya pengerukan untuk kolam dermaga dan alur masuk.

2.2.2 Data Arus

Dalam perencanaan pelabuhan, data arus digunakan untuk menghindari pengaruh tekanan arus yang arahnya tegak lurus terhadap kapal (cross current) sehingga kapal dapat melakukan manuever dengan mudah dan aman, dalam merencanakan fender data arus ini dapat difungsikan dalam perencanaan fender dan gaya horizontal yang mempengaruhi stabilitas dari struktur dermaga, selain itu data arus ini juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi stabilitas garis pantai untuk mengetahui apakah terjadi erosi atau sedimentasi. Sedangkan pada pelabuhan yang berada di sungai, data arus digunakan untuk menghitung debit air, sediment transport arah membeloknya delta sungai dan sebagainya.

Analisis data yang dilakukan untuk data arus adalah dengan menganalisis hubungan diagram kecepatan arus dengan kedalaman. Selain itu juga dilakukan analisis untuk mengetahui kecepatan dan arah arus maksimum yang terjadi. Analisis data ini bertujuan untuk mengetahui tekanan arus serta kelayakannya untuk kapal berlabuh, dimana

disyaratkan kecepatan maksimum arus sebesar 3 knot atau 1,5 m/dt.

2.2.3 Data Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada bulan, namun pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada matahari. Hal ini dikarenakan jarak bumi ke bulan lebih dekat daripada jarak bumi ke matahari dengan gaya tarik bulan yang mempengaruhi besar pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi.

Pengetahuan pasang surut sangat penting di dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga yang ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara untuk kedalaman alur pelayaran / pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran.

- Pasang harian tunggal (diurnal) bila terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit.
- Pasang harian ganda (semi diurnal) bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari.
- Pasang surut campuran (mixed) : baik dengan didominasi semi diurnal maupun diurnal

Komponen penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut adalah:

- LWS (Low water Spring) merupakan hasil perhitungan level muka air rata-rata terendah (surut).
- MSL (Mean Sea Level) adalah elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi.
- HWS (High Water Spring) adalah elevasi rata-rata muka air tertinggi(pasang)

Data pasang surut yang digunakan adalah data sekunder. Sehingga tidak perlu dilakukan analisa data pasang surut.

2.2.4 Data Angin

Angin merupakan gerakan udara dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan udara yang lebih rendah. Biasanya angin ditimbulkan oleh perbedaan temperatur pada sebuah daerah satu dengan daerah yang lainnya. Kegunaan data angin diantaranya adalah:

- a. Perhitungan analisis gelombang.
- b. Mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin yang terjadi tepat di rencana lokasi pelabuhan.
- c. Perencanaan beban horizontal yang bekerja pada badan kapal.
- d. Data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat atau dari bandar udara terdekat, bila diperlukan pengukuran langsung dapat digunakan peralatan Anemometer dan asesorisnya yang disurvei selama minimal setahun terus menerus.

Penyajian data angin dapat diberikan dalam bentuk tabel atau *Wind Rose* agar karakteristik angin bisa dibaca dengan cepat. Analisis data angin bertujuan untuk mendapatkan kecepatan dan arah angin yang dominan pada lokasi yang direncanakan pendirian dermaga. Koreksi angin di darat dan di atas permukaan laut dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$R_L = \frac{U_w}{U_L}$$

Dimana :

RL = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

UW = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

UL = kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

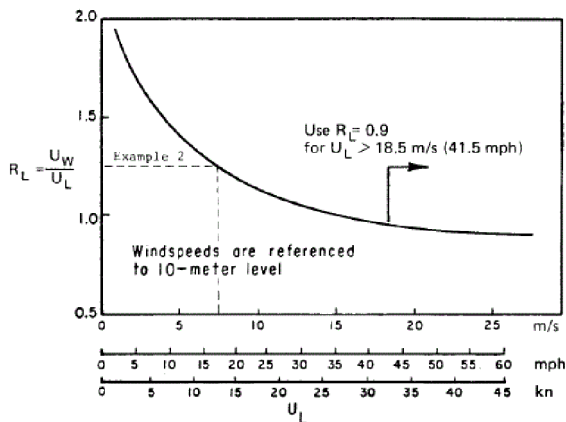
Dalam Perumusan dan grafik pembangkit gelombang mengandung variable U_A , dimana U_A adalah faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 U^{1,23}$$

Dimana :

U = kecepatan angin dalam m/det.

U_A = faktor tegangan angin (wind stress factor)



(after Resio & Vincent, 1977b)

Gambar 2. 1- Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat
(sumber : OCDI, 2002)

Angin memiliki hubungan yang erat dengan gelombang. Dalam merencanakan suatu pelabuhan, gelombang merupakan salah satu komponen penting. Peramalan gelombang juga dapat dilakukan dengan pengolahan data secara langsung namun juga dapat menggunakan data dari BMKG yang dapat langsung diolah sehingga bisa langsung didapatkan tinggi gelombang rencana untuk perencanaan dermaga. Pada umumnya tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat ditentukan berdasarkan jenis kapal, kondisi bongkar muat, dan ukuran kapal. Pada tabel 2.1 dapat dilihat tinggi gelombang izin di pelabuhan berdasarkan ukuran kapal.

Tabel 2. 1- Tinggi gelombang izin di pelabuhan

Ship size	Threshold wave height for cargo handling ($H_{1/3}$)
Small-sized ships	0.3 m
Medium- and large-sized vessels	0.5 m
Very large vessels	0.7 ~ 1.5 m

(Sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991)

2.2.5 Data Tanah

Penyelidikan data tanah bertujuan untuk merencanakan struktur bagian bawah dermaga. Penyelidikan yang dilakukan pada tanah pada lokasi perencanaan terdiri dari dua tahap yaitu penyelidikan lapangan dan analisa laboratorium. Beberapa pengambilan data tanah yang dilakukan adalah dengan pengeboran dengan mesin bor yang disebut boring dimana dalam menentukan kedudukan titik bor dilakukan dengan bantuan alat theodolit. Kemudian contoh dari hasil pemboran ini disajikan dalam bentuk *booring log*. Uji penetrasi standar (SPT) dilakukan dalam interval 2 atau 3 m, dimaksudkan untuk memperoleh nilai N dari lapisan-lapisan tanah bawah. Sedangkan analisis di laboratorium dilakukan untuk menyelidiki lebih lanjut sampel tanah yang didapatkan. Hasil

dari penyelidikan data tanah ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan stabilitas struktur dermaga.

2.2.6 Data Kapal

Data kapal digunakan untuk mengetahui jenis dan berat kapal yang akan bersandar di dermaga. Dalam perencanaan data kapal yang diperlukan adalah bobot kapal, panjang kapal, lebar dan draft kapal. Adapun pada tugas akhir, kapal rencana yang digunakan adalah kapal tanker 85000 DWT.

Kapal sebagai sarana pengangkut muatan mempunyai cara tersendiri dalam menangani muatannya. Muatan ini dapat berbentuk gas, cair, dan padat. Selain itu besarnya muatan pun menentukan bentuk teknis kapalnya. Dalam Tugas Akhir ini digunakan kapal tanker untuk muatan curah cair sebagai sarana pengangkut muatan bahan bakar premium RON 85. Dalam perencanaan dermaga curah cair ini, data kapal yang diperlukan yaitu bobot kapal, panjang kapal (LOA), lebar kapal dan draft/syarat penuh kapal.

2.2.4. Data Fasilitas Alat Pelabuhan

Data alat yang digunakan dalam terminal sangat menentukan pembebanan dalam perencanaan. Pada dermaga, terdapat alat yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar minyak jenis premium RON 85 dari lapangan penumpukan untuk loading ke kapal tanker maupun sebaliknya dimana alat tersebut berjalan di atas lintasan conveyor. Selain alat-alat tersebut, terdapat pula beberapa alat yang membebani struktur seperti : *Gangway*, *Jib crane* dan tower untuk pemadam kebakaran.

2.3. Analisis Data

Dalam tugas akhir ini, dilakukan beberapa analisis data yang mempengaruhi perencanaan struktur dermaga. Analisis data tersebut meliputi analisis data bathymetri, pasang surut, arus, dan tanah.

2.3.1. Analisis Data Bathymetri

Peta bathymetri merupakan peta yang menunjukkan kontur permukaan dasar laut dari posisi 0.00 mLWS. Kegunaan dari peta ini adalah mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal, selain itu peta bathymetri juga digunakan untuk merencanakan struktur dermaga secara tepat apakah dermaga membutuhkan jetty atau cukup menempel dengan daratan sehingga perencanaan dermaga sesuai dengan kondisi yang ada.

Dari data yang didapat, dianalisis untuk mengetahui kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan Bontang, Provinsi Kalimantan Timur, sehingga didapatkan kedalaman kontur rata-rata untuk bagian kolam dermaga dalam satuan mLWS. Kemudian dari potongan peta kontur, didapatkan kedalaman rata-rata untuk setiap sisi dari lokasi dermaga.

2.3.2. Analisis Data Arus

Arus yang terjadi di sepanjang pantai biasanya merupakan arus akibat perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi lain, sehingga arus dipengaruhi pola pasang surut. Beberapa kegunaan data arus adalah:

- menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus kapal (*cross currents*), agar dapat bermanuver dengan cepat dan mudah.
- mengevaluasi kondisi stabilitas garis pantai, mengalami erosi atau sedimentasi.

Berdasar buku: Port designer's handbook: recommendations and guidelines oleh Carl A. Thoresen, halaman 65, pada kecepatan arus tegak lurus dermaga (cross current) lebih dari 1.5 m/s. akan menyulitkan kapal bertambat. Dalam hal ini orientasi Jetty tidak boleh tegak lurus arah arus dengan kecepatan > 1,5 m/detik. Berdasarkan dasar teori

tersebut, dilakukan analisis data arus untuk mendapatkan kecepatan arus maksimum pada kedalaman 0.2 d, 0.4 d, dan 0.8 d. Selain itu, dianalisis juga arah dominan arus yang terjadi pada kedalaman tersebut. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan agar orientasi jetty tidak boleh tegak lurus arah arus dominan

2.3.3. Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut dipergunakan untuk kebutuhan penggambaran peta bathymetri, dan mengetahui posisi muka air laut terendah, dan pola pasang surutnya. Data pasang surut ini sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan, sehingga kondisi kedalaman perairan dan elevasi posisi kering dari struktur dan wilayah darat dapat ditentukan.

Data pasang surut yang dipergunakan diambil dari hasil Pasang surut di wilayah perairan Terminal khusus PT. Badak LNG Bontang . Data yang gunakan merupakan data dari hasil pengamatan selama 31 hari didapatkan nilai beda pasang surut. Setelah data tersebut dianalisis, maka didapatkan : resume hasil pengamatn yang berupa grafik pasang surut, tipe pasang surut di perairan Bontang, nilai beda pasang surut diatas mLWS, elevasi HWS (High Water Spring), elevasi MSL (Mean Sea Level) , dan elevasi LWS (Low Water Spring).

2.3.4. Analisis Data Tanah

Data penyelidikan tanah sangat diperlukan khususnya untuk perencanaan struktur, baik untuk struktur bangunan bawah (tiang pancang), jalan atau areal terbuka lain. Untuk perencanaan struktur tiang pancang, analisa data tanah dilakukan untuk mendapatkan daya dukung ijin terhadap kedalaman tiang pancang.

Data tanah yang dipergunakan diperoleh dari pekerjaan *soil* investigasi di lokasi kawasan Terminal Khusus PT. Badak

LNG Bontang. Dari hasil bor dan SPT yang dilakukan, dapat diketahui jenis tanah pada lapisan tanah di lokasi dermaga. Dari statigrafi data tanah setelah dianalisis, maka akan didapatkan nilai SPT rata – rata lapisan tanah di lokasi Terminal Khusus Pelabuhan PT. Badak LNG Bontang.

2.4. Evaluasi Layout Dermaga

Dermaga adalah suatu fasilitas pada pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat bertambatnya kapal. Pada dermaga, berlangsung kegiatan bongkar muat barang dan orang dari dan ke atas kapal. Dalam merencanakan suatu dermaga pelabuhan, diperlukan adanya suatu evaluasi layout yang dilakukan terhadap dermaga. Evaluasi ini dibagi menjadi dua macam yaitu evaluasi layout perairan dan evaluasi layout daratan.

Perencanaan layout dermaga *Island Berth* ini harus direncanakan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan. Dermaga sendiri harus memiliki dimensi yang cukup guna melayani keperluan bongkar muat kapal yang baik, seperti ketinggian elevasi dermaga untuk mengantisipasi terjadinya banjir ketika air meluap serta kedalaman dan jarak *dolphin* harus sesuai dengan standart. Oleh karena itu, evaluasi layout sangat penting guna menentukan apakah perencanaan dermaga yang dilakukan sudah sesuai dengan kebutuhan maupun standart yang ada.

2.4.1. Evaluasi Layout Perairan

Konstruksi dermaga yang akan direncanakan merupakan konstruksi dermaga jetty atau open pier dengan konstruksi *dolphin* sebagai struktur utama dermaga yang terdiri dari struktur breasting dan mooring *dolphin* serta struktur catwalk. Adapun beberapa fasilitas perairan yang dibutuhkan dermaga curah cair ini, diantaranya:

a. Alur masuk (Entrance Channel)

Alur masuk dihitung dari mulut alur sampai kapal mulai berputar. Parameter yang perlu

diketahui untuk penentuan alur masuk ini adalah kedalaman, lebar dan panjang alur masuk. Kebutuhan alur masuk dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2. - Kebutuhan ukuran alur masuk

Lokasi	Ukuran	Keterangan
Kedalaman nominal (tidak termasuk tole- ransi dasar laut	1,20 * D	Laut terbuka
	1,15 *D	Alur masuk
	1,10 * D	Depan dermaga
Lebar Untuk alur Panjang	2 * LOA	Kapal sering berpapasan
	1,5 * LOA	Kapal jarang berpapasan
Lebar untuk alur Tidak panjang	1,5 * LOA	Kapal sering berpapasan
	1 * LOA	Kapal jarang berpapasan
Panjang alur (stopping distance)	7 * LOA	± 10.000 DWT, 16 knots
	18 * LOA	± 200.000 DWT, 16 knots
	1 * LOA	± 10.000 DWT, 5 knots
	3 * LOA	± 200.000 DWT, 5 knots
	5 * LOA	Kapal ballast/kosong

(Sumber : Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan)

b. Kolam Putar (Turning Basin)

Kolam putar berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter Db . Sedangkan kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk.

Dimana :

$Db = 2 * LOA$ (untuk kapal bermanuver dengan dipandu)

$Db = 4 * LOA$ (untuk kapal bermanuver tanpa bantuan pandu)

c. Kolam Dermaga (Basin)

Kolam dermaga berada di depan dermaga dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dilakukan pengerukan. Secara keseluruhan ukuran kolam dermaga dapat ditentukan sebagai berikut :

$Panjang = 1.25 * LOA$ (bila dengan dibantu kapal pandu)

$= 1.50 * LOA$ (bila tanpa dibantu kapal pandu)

$Lebar = 4 * B + 50 m$, 1 dermaga berhadapan

$= 2 * B + 50 m$, > 1 dermaga berhadapan

$= 1.25 * B$, dermaga bebas

d. Areal Penjangkaran (Anchorage Area)

Areal penjangkaran adalah lokasi kapal menunggu sebelum dapat bertambat atau memasuki alur, baik karena menunggu cuaca membaik, atau karena dermaga dan alur yang akan digunakan masih terpakai, alasan karantina, atau oleh sebab yang lain.

Kebutuhan areal penjangkaran areal penjangkaran dapat ditentukan dengan menggunakan perusuan seperti pada table 2.3

Tabel 2.3. - Kebutuhan areal penjangkaran

Tujuan penjangkaran	Dasar laut atau Kecepatan angin		Jari-jari
Menunggu atau inspeksi muatan	Penjangkaran baik	Swinging	LOA + 6 d
		Multiple	LOA + 4,5 d
	Penjangkaran jelek	Swinging	LOA + 6 d + 30 m
		Multiple	LOA + 4,5 d + 25 m
Menunggu cuaca baik	Kec.Angin V= 20 m/dtk		LOA + 3 d + 90 m
	Kec.Angin V= 30 m/dtk		LOA + 4 d + 145 m

*(Sumber : Technical Standards and Commentaries
for Port and Harbour Facilities in Japan)*

e. Kedalaman Perairan

Kedalaman Perairan, pada prinsipnya harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah alokasi untuk gerakan osilasi akibat gelombang dan angin maupun arus serta squad dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, ditambah lagi alokasi untuk ketidakteraturan kedalaman perairan dan kondisi tanah dasar laut. Untuk kemudahan penentuan dalam menentukan kedalaman perairan dapat digunakan aturan sebagai berikut :

$$\text{Perairan Tenang} = 1,1 * \text{draft kapal}$$

$$\text{Perairan terbuka} = 1,2 * \text{draft kapal}$$

f. Elevasi Dermaga

Elevasi dolphin dihitung pada saat air pasang dengan perumusan :

$$\text{Elevasi} = \text{Beda pasut} + (0.5 - 1.5) \text{ m}$$

2.4.2. Evaluasi Layout Daratan

Jetty yang direncanakan meliputi fasilitas dermaga seperti *Loading platform, floating pontoon, catwalk, mooring* dan *breasting*. Adapun evaluasi dari layout daratan adalah sebagai berikut :

a. Elevasi Dermaga

Evaluasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Elevasi dermaga yang digunakan diambil dari data pasang surut. Elevasi dermaga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$El = \text{Beda pasut} + (0.5 \sim 1.5)$$

b. Kebutuhan Ukuran Dermaga

Dimensi dari *loading platform* ditentukan dari ukuran dan jarak dari peralatan diatasnya berupa *Marine Loading Arm (MLA)*, *gangway tower*, *monitor tower* dan *jib crane*. Dimensi dari *Loading Platform* biasanya 35 x 25 m².

c. Loading Platform

Loading Platform adalah bagian dermaga berupa pelat sebagai tempat peralatan bongkar-muat seperti *marine loading arm, jib crane* dan *gangway*. Serta peralatan keselamatan seperti *fire fighting*, *tower gangway*, serta *service area* dan peralatan lainnya. Dimensi utama dari *Loading platform* ditentukan oleh jarak yang dibutuhkan *marine loading arm*. Jarak minimum antar *Marine loading arm* adalah 3 - 4.5 m.

d. Breasting Dolphin

Breasting Dolphin adalah bagian struktur dermaga minyak untuk menyerap energi kinetik kapal yang bersandar, memegang kapal, mengikat *surface line* kapal. *Breasting Dolphin* harus bersifat

fleksibel karena harus mampu menyerap EK kapal. Jarak antar *Breasting Dolphin* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

Outer = $0.25 - 0.40$ LOA Kapal terbesar

Inner = $0.25 - 0.40$ LOA Kapal terkecil

e. *Mooring Dolphin*

Mooring Dolphin adalah bagian struktur dermaga minyak untuk menahan gaya tarikan kapal / mengikat kapal. *Mooring Dolphin* harus ditempatkan berjarak 35 – 50 m dari centreline kapal terbesar. Penempatan *Mooring Dolphin* harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku.

f. *Catwalk*

Struktur catwalk adalah salah satu fasilitas dari dermaga jetty dolphin yang berfungsi sebagai penghubung antara dermaga (unloading platform) dengan breasting dolphin, penghubung antara mooring dengan breasting dolphin, serta penghubung antar mooring dolphin.

g. *Floating Pontoon*

Floating Pontoon merupakan suatu struktur dermaga yang menggunakan prinsip gaya apung (Archimedes) dalam menahan beban vertikal yang diterima struktur utamanya. Sistem dermaga terapung ini merupakan sistem dermaga yang biasa digunakan pada dermaga untuk kapal ferry, dimana sangat dibutuhkan tinggi freeboard dari dermaga tetap, sehingga dapat digunakan pada kondisi pasang maupun surut.

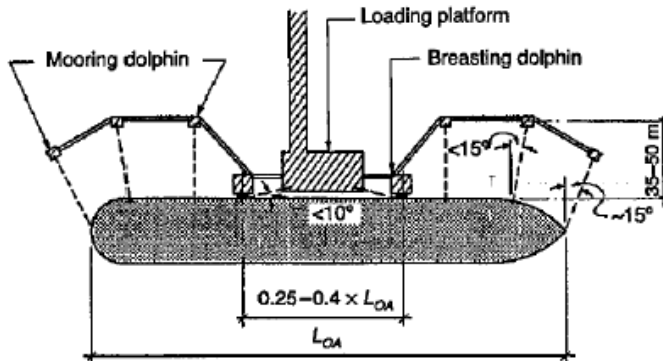
Dalam merencanakan *Floating Pontoon*, dilakukan perhitungan dan analisis beban yang

bekerja pada struktur tersebut. Selanjutnya, digunakan struktur *floating pontoon ready stock* yang sesuai dengan spesifikasi sesuai dengan beban yang dapat ditahan struktur.

h. Ketentuan Perencanaan Layout Daratan

Dalam menentukan perencanaan layout daratan, perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- Mooring layout harus simetri.
- Sudut vertikal mooring line pada bow dan stern tidak lebih dari 15° .
- Sudut horizontal Breast mooring line tidak lebih dari 150° .
- Sudut vertical Spring mooring line tidak lebih dari 100° .
- Mooring line untuk gaya lateral tidak dikumpulkan pada bow dan stern saja.
- Loading platform ditempatkan agak kebelakang agar tidak terkena tumbukan kapal.
- Jumlah Mooring Dolphin ditentukan dari jumlah boulder yang dibutuhkan.
- Jarak Breasting Dolphin tergantung dari selisih panjang antara kapal terbesar dan terkecil, apabila masih dalam range yang ditentukan boleh dipakai dua Breasting Dolphin saja.



Gambar 2.2 - Penempatan Mooring Dolphin
 (Sumber: Thoressen Port Designer's Handbook :
 Recommendation and Guidelines Fig.4.29)

2.5. Kriteria Perencanaan Dermaga

Penentuan Konstruksi Dermaga

Konstruksi dermaga dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu *wharf* atau *quai* dan *jetty* atau *pier* atau jembatan. Dalam perencanaan dermaga curah cair ini menggunakan konstruksi dermaga tipe *jetty* atau *pier*. *Jetty* atau *pier* adalah dermaga yang menjorok ke laut dengan maksud agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk kapal merapat. Pada umumnya *jetty* digunakan untuk merapat kapal tanker, kapal LNG, maupun kapal tongkang pengangkut batubara. *Jetty* dilengkapi dengan *dolphin* untuk menahan benturan kapal, sehingga kapal tidak membentur *jetty*. Setelah kapal merapat, kapal diikatkan pada *dolphin*.

2.6. Kriteria Pembebanan

2.6.1. Beban Vertikal

Beban vertikal dermaga berasal dari:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri dari struktur yang secara permanen membebani selama waktu hidup konstruksi.

Perhitungan beban ini tergantung dari berat volume dari jenis komponen-komponen tersebut. Komponen-komponen tersebut di antaranya beban pelat, balok, poer, bollard, pipa dan fasilitas – fasilitas lain diatasnya.

- **Beban Hidup Merata**
Beban hidup merupakan beban akibat muatan yang dianggap merata membebani di atas dermaga yang ditentukan berdasarkan beban muatan. Beban hidup terbagi rata bisa berupa beban pangkalan dan beban akibat air hujan.
- **Beban Hidup Terpusat**
Beban hidup terpusat yang terjadi pada struktur dermaga merupakan beban akibat beban roda yang besarnya ditentukan berdasarkan peralatan yang akan melintas di atas dermaga tersebut dan harus diposisikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kondisi pembebanan yang paling kritis.

2.6.2. Beban Horizontal

Beban horizontal dermaga berasal dari:

- **Beban Tumbukan Kapal**
Beban tumbukan kapal berasal dari energi yang ditimbulkan ketika kapal merapat dan menabrak *Sistem fender*. Energi ini kemudian diabsorbsi dan ditransfer menjadi gaya horisontal tekan yang harus mampu dipikul oleh struktur dermaga. Gaya horizontal ini disebut gaya *fender*.
Fender merupakan salah satu aksesoris dermaga yang berfungsi sebagai penahan beban tumbukan kapal pada waktu merapat serta memindahkan beban akibat tumbukan menjadi gaya reaksi yang mampu diterima konstruksi dan kapal secara aman. Pada saat kapal telah bertambat, fender diharuskan dapat menahan gaya – gaya

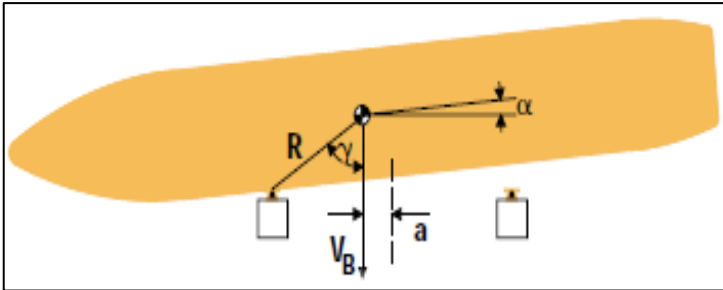
yang diakibatkan oleh angin, gelombang, dan *loading/unloading* muatan kapal. Perencanaan fender sebaiknya dilakukan terlebih dahulu sebelum konstruksi dermaga dihitung.

Ukuran fender dipilih berdasar ukuran kapal yang bertambat dan energi tumbukan maximum. Selain itu, bentuk fender yang dipilih harus sesuai dengan bentuk kapal yang akan bertambat pada dermaga tersebut sehingga, adanya cekungan maupun bentuk yang tidak rata pada badan kapal perlu diperlu dipertimbangkan dalam merencanakan fender. Pada badan kapal tanker biasanya terdapat “low Hull contact Pressure” seperti pada gambar 2.5. Sehingga dalam merencanakan fender, perlu diperhatikan saat kondisi pasang pada perairan



Gambar 2. 3 – Fungsi dari \emptyset dan r/L terhadap CE
(Sumber : Katalog Trelleborg)

Setelah kriteria fender yang akan dipakai dapat ditetapkan, selanjutnya dilakukan finalisasi design dari konstruksi bagian atas dari tambatan/dermaga tersebut. Untuk menentukan ukuran fender, harus dihitung terlebih dahulu besarnya E_f . Dimana E_f , merupakan energi kinetik yang timbul pada waktu kapal merapat. Untuk menghitung nilai E_f , perlu disesuaikan dengan kondisi sistem merapat kapal yaitu kondisi kapal bertambat secara normal dan kondisi kapal tambat secara abnormal.



Gambar 2.4 – Benturan kapal pada Breasting Dolphin
(Sumber : Katalog Trelleborg)

Dalam merencanakan kebutuhan fender, yang paling berpengaruh adalah gaya horizontal yang di akibatkan oleh kapal yang akan bertambat. Adapun perhitungan energi kinetik yang harus diserap oleh fender menurut Carl A. Thoresen dalam *Port Designer's Handbook* adalah sebagai berikut :

▪ **Kondisi Kapal Merapat Normal**

Rumus untuk menemukan E_f diturunkan dari rumus Energy Kinetik yang disesuaikan dengan kondisi system merapat kapal, yaitu adanya faktor C :

DOLPHIN BERTHING

$$E_N = 0.5 \cdot M_D \cdot (V_B)^2 \cdot C_M \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_C$$

Dimana :

E_N = Energi kinetik bertambat normal (kNm)

M_D = Displacement tonnage (ton)

V = Kecepatan kapal bertambat (m/s)

C_M = *Virtual mass factor*

C_E = *Eccentricity factor*

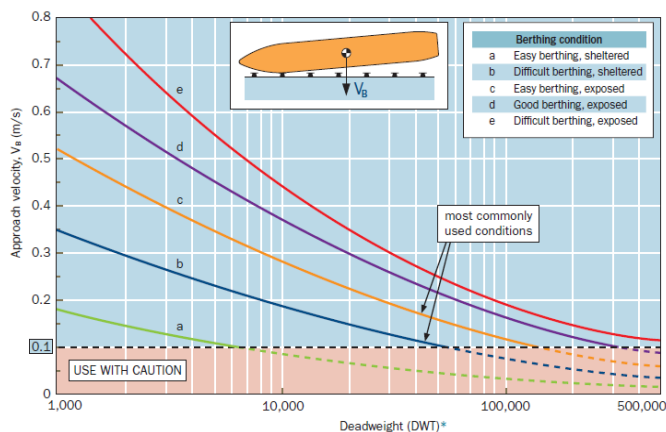
1. Menentukan M_D

Untuk menentukan M_D atau *displacement tonnage* dapat dilihat dari jenis kapal yang direncanakan. Kapal yang direncanakan adalah 85.000 DWT

2. Menentukan V

Untuk penentuan kecepatan kapal, didasarkan pada kondisi perairan disekitar lokasi dermaga. Kemudian dari masing masing kondisi tersebut, ditarik garis pada grafik hubungan antara kecepatan dan nilai displacement tonnage kapal rencana, sehingga didapatkan nilai V . Grafik yang digunakan seperti pada gambar 2.

a	Easy berthing, sheltered
b	Difficult berthing, sheltered
c	Easy berthing, exposed
d	Good berthing, exposed
e	Difficult berthing, exposed



Gambar 2.5- Kecepatan Bertambat Kapal
(*Sumber : Brosur Trelleborg*)

Tabel 2.4 - Hubungan kecepatan bertambat kapal dan DWT

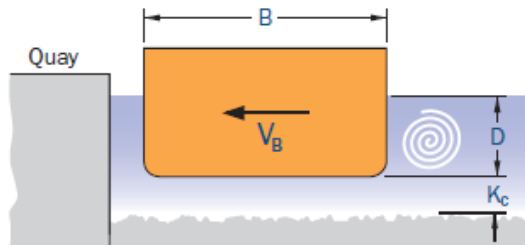
DWT	Velocity, V_b (m/s)				
	a	b	c	d	e
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
2,000	0.151	0.296	0.445	0.577	0.726
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
4,000	0.125	0.250	0.374	0.487	0.597
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
20,000	0.074	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	0.064	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	0.057	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	0.052	0.110	0.164	0.221	0.258
100,000	0.039	0.083	0.126	0.171	0.201
200,000	0.028	0.062	0.095	0.131	0.158
300,000	0.022	0.052	0.080	0.111	0.137
400,000	0.019	0.045	0.071	0.099	0.124
500,000	0.017	0.041	0.064	0.090	0.115

(*Sumber : PIANC 2002*)

3. Menentukan C_M

Dalam menentukan C_M menggunakan peraturan standard PIANC (2002) yaitu dengan cara membandingkan nilai K_c yaitu kedalaman dari dasar kapal kondisi draft maksimum dengan D yaitu draft maksimum kapal.

PIANC (2002)	
for $\frac{K_c}{D} \leq 0.1$	$C_M = 1.8$
for $0.1 \leq \frac{K_c}{D} \leq 0.5$	$C_M = 1.875 - 0.75 \left[\frac{K_c}{D} \right]$
for $\frac{K_c}{D} \geq 0.5$	$C_M = 1.5$



Gambar 2.6- Kondisi Kapal bertambat dengan draft maksimum
(Sumber : Brosur Trelleborg)

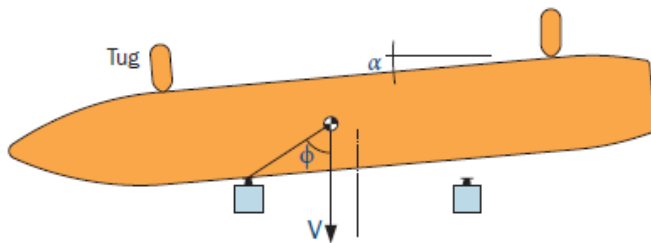
4. Menentukan C_E

Dalam menentukan koefisien eksentrisitas atau C_E digunakan pendekatan asumsi kapal menumbuk fender pada saat berlabuh. Terdapat tiga

kemungkinan kondisi ketika kapal berlabuh, yaitu : seperempat bagian kapal menumbuk fender (*Quarter-point berthing*), sepertiga bagian kapal menumbuk fender (*third-point berthing*), dan setengah bagian kapal menumbuk fender (*mid-point berthing*). Seperti pada gambar 2.7 berikut :

Quarter-point berthing	$x = \frac{L_{BP}}{4}$	$C_E \approx 0.4-0.6$
Third-point berthing	$x = \frac{L_{BP}}{3}$	$C_E \approx 0.6-0.8$
Mid-ships berthing	$x = \frac{L_{BP}}{2}$	$C_E \approx 1.0$

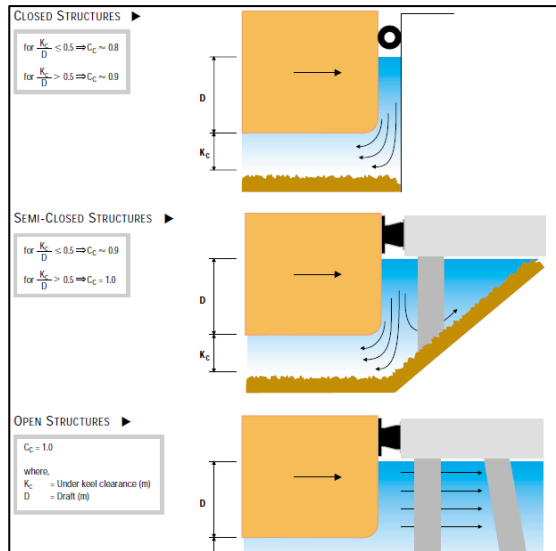
Dolphin berthing



Gambar 2.7- Kondisi kapal berlabuh menumbuk fender
(*Sumber : Brosur Trelleborg*)

5. Menentukan C_c

Untuk *berth configuration factor* C_c dipilih berdasarkan tipe konstruksi yang digunakan pada struktur yang direncanakan. Baik merupakan tipe struktur terbuka, tertutup maupun semi terbuka seperti pada gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 – Tipe Struktur Dermaga

(Sumber : Katalog Trelleborg)

6. Menentukan C_s

Nilai *softness coefficient* $C_s = 1$ dipilih karena deformasi pada saat badan kapal bertambat dianggap tidak ada.

$$\begin{aligned} \text{for } \delta_f \leq 150\text{mm} &\Rightarrow C_s \approx 0.9 \\ \text{for } \delta_f > 150\text{mm} &\Rightarrow C_s = 1.0 \end{aligned}$$

• Kondisi Kapal Merambat Abnormal

Kondisi merapat abnormal terjadi saat energi merapat Normal terlampaui, akibat kesalahan manusia, kerusakan kapal, kondisi cuaca ekstrem atau kombinasi berbagai faktor ini. Energi Abnormal (EA) yang harus mampu diserap fender sebesar:

$$EA = FS \times EN$$

FS = Faktor Keamanan (Factors of Safety) mengacu pada PIANC pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 – Faktor Keamanan Fender

PIANC Factors of Safety (F_s)		
Vessel type	Size	F_s
Tanker, bulk, cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General cargo		1.75
RoRo, ferries		≥ 2.0
Tugs, workboats, etc		2.0

Source: PIANC 2002; Table 4.2.5.

PIANC recommends that 'the factor of abnormal impact when derived should be not be less than 1.1 nor more than 2.0 unless exception circumstances prevail'.
Source: PIANC 2002; Section 4.2.8.5.

(*Sumber : PIANC 2002*)

- **Beban Tarikan Kapal**

Beban tarikan kapal berasal dari gaya tambatan yang bekerja pada kapal. Beban tarik ini akan ditahan oleh struktur bollard yang didesain untuk menahan gaya tarikan kapal, angin dan arus.

Gaya tarikan bollard diambil sebesar:

1. Kekuatan bollard yang dipakai (lihat subbab Bollard)
2. Jumlah gaya akibat angin dan arus pada badan kapal

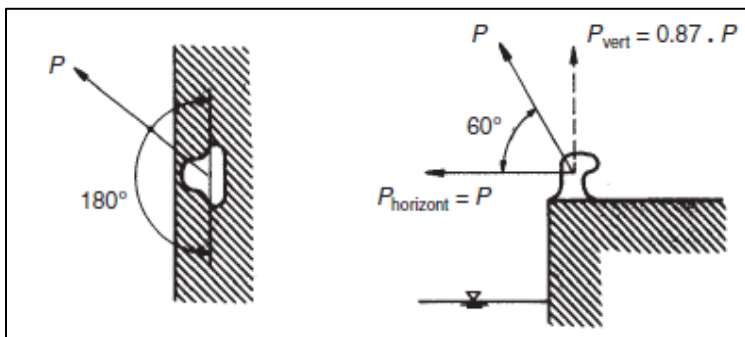
Bollard merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. *Bollard* harus mampu menerima gaya tarikan akibat kapal yang menambatkan talinya pada *bollard* tersebut. Gaya tarik *bollard* yang dipakai disesuaikan dengan bobot kapal. Gaya tarik *bollard* dapat

dilihat pada **Tabel 2.6** didalam perhitungan gaya tarik yang dihasilkan oleh *bollard* akibat kapal yang bertambat dianggap berasal dari berbagai arah yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.

Tabel 2. 6 - Nilai untuk menentukan gaya tarikan kapal

Gross tonnage (<i>GT</i>) of vessel (tons)	Tractive force acting on a mooring post (kN)	Tractive force acting on a bollard (kN)
$200 < GT \leq 500$	150	150
$500 < GT \leq 1,000$	250	250
$1,000 < GT \leq 2,000$	350	250
$2,000 < GT \leq 3,000$	350	350
$3,000 < GT \leq 5,000$	500	350
$5,000 < GT \leq 10,000$	700	500
$10,000 < GT \leq 20,000$	1,000	700
$20,000 < GT \leq 50,000$	1,500	1,000

(*Sumber : OCDI, 2002*)

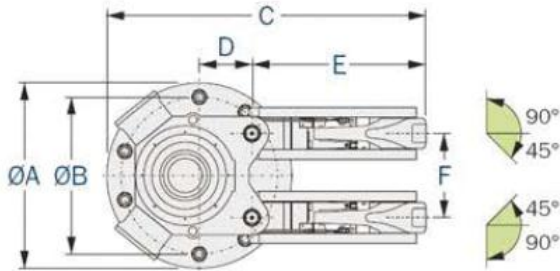


Gambar 2. 9 – Arah Gaya dari Bollard

(*Sumber : OCDI, 2002*)

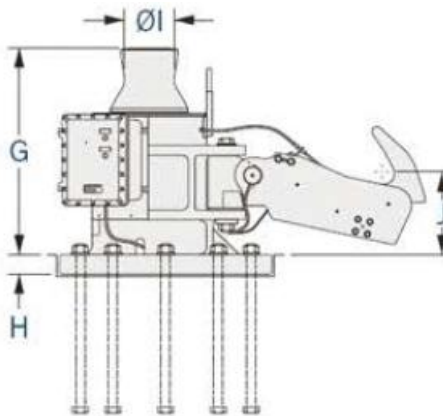
Dalam perencanaan dermaga minyak maupun gas, pada umumnya digunakan tipe bollard *quick release Hook* dengan double hooks. *Quick Release Hook*

merupakan jenis bollard yang didesain dapat dilepas secara cepat oleh operator ketika terjadi kecelakaan atau insiden secara tiba tiba, jenis *Quick Release Hook* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2.10 - Double QRH tampak atas

(*Sumber :Katalog Trelleborg*)



Gambar 2.11 – Double QRH tampak samping

(*Sumber :Katalog Trelleborg*)

2.6.3. Perhitungan Beban Akibat Angin dan Arus

a. Perhitungan Gaya Akibat Angin

Cara perhitungan gaya angin dan arus dapat dihitung dengan rumus:

$$P_w = C_w (A_w \sin^2 \phi + B_w \cos^2 \phi) \frac{V_w^2}{1600}$$

Dimana :

P_w = Tekanan angin pada kapal yang bertambat

C_w = Koefisien tekanan angin
(lihat Gambar 2.3)

Angin melintang $C_w = 1,3$

Angin dari belakang $C_w = 0,8$

Angin dari depan $C_w = 0,9$

A_w = Luasan proyeksi arah memanjang, di atas air

B_w = Luasan proyeksi arah muka (m^2)

ϕ = Sudut arah datangnya angin terhadap centerline

V_w = Kecepatan angin (m/s), ada yang ditambah 20

b. Perhitungan Gaya Akibat Arus

Tekanan arus pada badan kapal yang ada di bawah air.

$$P_c = C_c * \gamma_c * A_c * \frac{V_c}{2g}$$

Dimana :

P_c = Tekanan Arus pada kapal yang bertambat

γ_c = Berat jenis air Laut (= 1,025 t/m³)

A_c = Luasan kapal di bawah air

V_c = Kecepatan arus

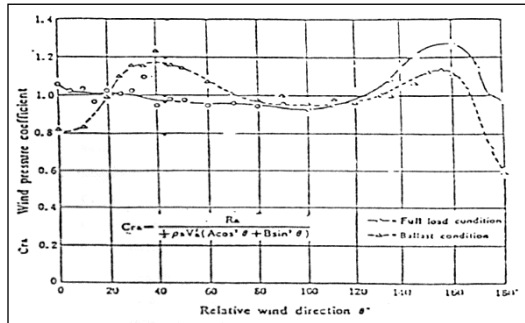
C_c = Koefisien arus (lihat Gambar 2.3)

Untuk arus tegak lurus kapal :

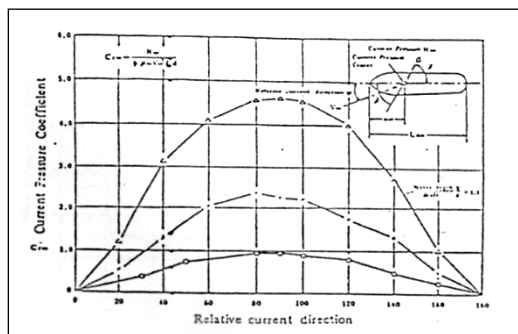
$$C_c = 1 - 1,5$$

Untuk arus sejajar kapal:

$$C_c = 0,2 - 0,6$$



Gambar 2. 12 - Koefisien arus
(sumber : OCDI, 2002)



Gambar 2. 13 - Koefisien tekanan angin
(sumber : OCDI, 2002)

2.6.4. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban ini dilakukan untuk memperoleh kondisi pembebanan yang paling kritis pada struktur.

Kombinasi pembebanan perlu memperhitungkan kemungkinan gaya-gaya yang menambah atau mengurangi efek dari beban-beban yang bekerja.

- a. Loading Platform
 - 1 DL + 1 LL
 - 1 DL + 1 LL + 1 SD
 - 1 DL + 1 LL + 1 SD + 1CAT
 - 1 DL + 1 LL + 1 SD + 1CAT + 1QX
 - 1 DL + 1 LL + 1 SD + 1CAT + 1QY
- b. Mooring Dolphin
 - 1 DL + 1 LL
 - 1 DL + 1 LL + 1 B
 - 1 DL + 1 LL + 1 B + 1QX
 - 1 DL + 1 LL + 1 B + 1QY
- c. Breashting Dolphin
 - 1 DL + 1 LL
 - 1 DL + 1 LL + 1 F
 - 1 DL + 1 LL + 1 F + 1QX
 - 1 DL + 1 LL + 1 F + 1QY
- d. Struktur Catwalk
 - 1,4 DL
 - 1,2 DL + 1,6 LL
 - 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 W
 - 0,9 DL + 1,6 W

Dimana:

- DL = Dead Load
- LL = Live Load
- B = Beban Bollard
- F = Beban Fender
- W = Beban Angin
- QX = Beban Gempa Arah x
- QY = Beban Gempa Arah y

2.7. Perhitungan Struktur Dermaga

Untuk perhitungan struktur dermaga dibagi dua yaitu struktur atas dan struktur bawah. Adapun prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan layout atau denah untuk penentuan ukuran *Loading Platform*, , *mooring*, *breasting dolphin*, *catwalk*, dan *floating pontoon* serta tata letak fasilitasnya.
- b. Penentuan tata letak balok, tiang pancang, dilatasi serta letak fasilitas lain seperti fender, bollard dan pipa
- c. Preliminary dimensi pelat, balok, poer, dan pancang
- d. Penentuan besar beban yang bekerja pada masing-masing bagian struktur
- e. Perhitungan kekuatan struktur dan kebutuhan tulangan
- f. Pengecekan struktur secara keseluruhan terhadap gelombang dan kondisi tanah
- g. Detail gambar dan spesifikasi bahan.

2.7.1. Struktur Atas

Pada perencanaan bangunan atas meliputi perencanaan pelat, balok memanjang serta balok melintang. Perencanaan struktur dermaga menggunakan program bantu SAP 2000 V14.0 dan penulangan memakai peraturan PBI 71 dengan alasan :

- a. Pada struktur di daerah pantai harus dihindari adanya retak agar tidak terjadi perkaratan pada tulangan yang akan berakibat fatal pada kerusakan struktur.
- b. Pada bangunan pelabuhan sering terjadi beban berlebih akibat beban luar, baik berupa arus, gelombang, gempa dan lain-lain.

2.7.2. Perhitungan Pelat

a. Momen pelat

Pada perhitungan pelat diasumsikan terjepit penuh karena kekakuan balok dianggap jauh lebih besar dari kekakuan pelat sehingga pada tumpuan tidak terjadi perputaran. Menurut PBI 71 tabel 13.3.1 momen tumpuan dan momen lapangan menggunakan persamaan berikut:

$$Ml = 0,001.q.lx^2.X$$

$$Mt = -0,001.q.lx^2.X$$

Dimana :

Ml = momen lapangan pelat (tm)

Mt = momen tumpuan pelat (tm)

q = beban terbagi rata pelat (t/m)

lx = panjang bentang pendek pelat (m)

X = koefisien dari tabel 13.3.1

b. Penulangan pelat

Pada pelat dipakai tulangan rangkap dengan asumsi bahwa struktur adalah statis tertentu. Metode penulangan pelat meliputi :

1. Menentukan besarnya momen Ultimate (M_u) pada pelat
2. Menentukan perbandingan antara luas tulangan tarik dengan tulangan tekan (δ). Pada pelat dianggap tidak memerlukan tulangan tekan sehingga $\delta = 0$
3. Menghitung nilai C_a dengan persamaan:

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}}$$

Dimana :

h = tinggi manfaat penampang

b = lebar penampang (untuk pelat = 1000mm)

M = momen ultimate

n = angka ekivalensi baja beton $\left(\frac{E_a}{E_s} \right)$

σ'_a = tegangan ijin baja (tabel 10.4.1 PBI'71)

- Mencari nilai ϕ , ϕ' , dan ω dari tabel

Dari “Tabel Perhitungan Lentur dengan Cara-n disesuaikan kepada peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 oleh Ir. Wratman W”.didapat nilai:

$$\Phi > \phi o = \frac{\sigma'_a}{(nx\sigma'_b)}$$

σ'_b = tegangan tekan beton akibat lentur tanpa atau dengan gaya normal (tabel 4.2.1 PBI 71)

- Mencari kebutuhan tulangan

$$A_s = \omega \times b \times h$$

- Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b lebar retak yang diijinkan adalah 0.1 mm. lebar retak dihitung dengan rumus:

Tabel 2.7 - Koefisien.C3, C4.C5

Uraian	ω_p	C_3	C_4	C_5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentu murni	$\frac{A}{b_o h}$	1,05	0,04	7,5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentu dengan gaya normal tekan	$\frac{A}{b(h-y)}$	1,05	0,07	12
Bagian - bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial	$\frac{A}{B_t}$	1,05	0,16	30

(Sumber : PBI, 1971)

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

Dimana:

c = tebal penutup beton (cm)

d = diameter batang polos atau pengenal (cm)

σ_a = tegangan baja yang bekerja ditempat yang retak
(kg/cm²)

A = luas tulangan tarik (cm²)

b = lebar balok (cm)

h = tinggi manfaat balok (cm)

y = jarak garis netral terhadap sisi yang tertekan
(cm)

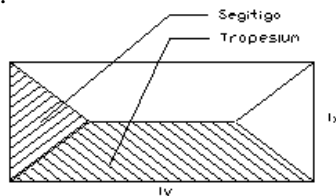
Bt = luas penampang beton yang tertarik (cm²)

α = koefisien yang bergantung pada jenis batang tulangan (1.2 untuk batang polos dan 1 untuk batang yang diprofilkan)

2.7.3. Perhitungan Balok dan Poer

- a. Perhitungan beban pelat pada balok

Distribusi beban pada pelat dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut :



$$P = \frac{1}{2} q l_x$$

Gambar 2. 14 - Distribusi beban pelat
(Sumber : PBI, 1971)

1. Beban pelat q (t/m^2)

2. Beban segitiga $q_{eq} = \frac{2}{3}P = \frac{1}{3}ql_x$

3. Beban trapesium $q_{eq} = P \left[1 - \frac{1}{3} \frac{lx^2}{ly^2} \right] = \frac{1}{2}ql_x \left[1 - \frac{1}{3} \frac{lx^2}{ly^2} \right]$

b. Penulangan balok dan poer

Penulangan balok dihitung dengan menggunakan perhitungan lentur “n”. Untuk perhitungan tulangan, poer dianalisis sebagai balok jika perbandingan antara tebal poer dan lebar poer $> 0,4$. Metode perhitungan tulangan utama balok dan poer seperti pada pelat yaitu :

1. Menentukan besarnya momen ultimit (M_u) yang bekerja pada balok dari hasil analisis SAP 2000.
2. Menentukan perbandingan antar luas tulangan tarik dengan tulangan tekan (δ). Nilai δ diambil mulai dari 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,67 sampai 2,50
3. Menghitung nilai C_a :
4. Mencari nilai ϕ , ϕ' , dan ω dari table
5. Menghitung luas tulangan tarik dan tekan

$$A = \omega \times b \times h$$

$$A_s' = \delta A$$

Untuk balok dengan tinggi lebih dari 90 cm perlu dipasang tulangan samping sebesar minimum 10% dari tulangan tariknya (PBI '71 Pasal.9.3(5)).

6. Kontrol terhadap retak

Metode perhitungan tulangan geser balok dan poer adalah sebagai berikut:

7. Menentukan besarnya gaya lintang yang bekerja pada tumpuan.
8. Menghitung tegangan beton ijin berdasarkan PBI '71 (tabel 10.4.2) akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :
9. Untuk pembebanan tetap : $\tau'_{bm-t} = 1.35\sqrt{\sigma'}bk$
10. Untuk pembebanan sementara : $\tau'_{bm-s} = 2.12\sqrt{\sigma'}bk$
11. Menghitung tegangan geser lentur beton akibat beban kerja di tengah-tengah tinggi penampang dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Dimana : } \tau_b = \frac{D}{b \times \frac{7}{8}h}$$

τ_b = tegangan geser beton

D = gaya lintang

Diperlukan tulangan geser jika

$$\tau_b < \tau'_{bm-t} \text{OK !}$$

$$\tau_b < \tau'_{bm-t} \text{OK !}$$

Untuk perhitungan tulangan geser lentur-puntir ini, tegangan geser puntir dapat dianggap seolah-olah memperbesar tegangan geser lentur pada seluruh lebar balok, yang besarnya dapat diambil menurut rumus sesuai PBI '71 Pasal 11.8.6 berikut ini:

$$\tau''_b = \frac{Mt}{b \times Ft}$$

Dimana :

$M_t = T$ = Momen Torsi akibat beban batas

F_t = luas penampang balok

Disyaratkan dalam PBI '71 Pasal

$$\tau_s \geq \tau_b + \tau_b "$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

$$as = \frac{As \times \overline{\sigma_a}}{\tau_s \times b}$$

2.7.4. Struktur Bawah

Type material untuk tiang pancang meliputi: Kayu, Beton Precast, Beton Prestress, Pipa baja bulat maupun kotak dengan atau tanpa sepatu tiang , baja pita yang dibentuk pipa, Profil baja bentuk I atau H dengan atau tanpa selimut beton, tiang ulir baja, dan sebagainya. Daya dukung tiang pada masing-masing kedalaman menggunakan perumusan yang ada misal dari Meyerhoff, Terzaghi, Luciano Decourt dan sebagainya sehingga dihasilkan grafik kurva daya dukung untuk beberapa ukuran dan type tiang.

Kontrol kekuatan internal bahan dilakukan dengan mengecek besarnya tegangan yang terjadi akibat beban luar harus lebih rendah dari tegangan ijin bahan, dan Momen yang terjadi harus lebih kecil dari kekuatan momen ultimate atau momen crack dari bahan. Tiang juga perlu dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang. Frekuensi

tiang harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang tidak bergoyang dan patah.

a. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Ql = Qp + Qs$$

Dimana :

Ql = daya dukung tanah maksimum (ton)

Qp = resistance ultime di dasar pondasi (ton)

Qs = resistance ultime akibat lekatan lateral (ton)

$$Qp = \alpha * qp * Ap = \alpha * (Np * k) * Ap$$

Dimana :

α = base coefficient (terdapat pada tabel 2.6)

Np = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas dan dibawah dasar tiang

k = koefisien karakteristik tanah

- 12 t/m² = untuk lempung
- 20 t/m² = untuk lanau berlempung
- 25 t/m² = untuk lanau berpasir
- 40 t/m² = untuk pasir

Ap = luas penampang dasar tiang (m²)

qp = tegangan ujung tiang (t/m²)

$$Qs = \beta * qs * As = \beta * (Ns/3+1) * As$$

Dimana:

β = shaft coefficient (terdapat pada tabel 2.6)

qs = tegangan akibat lekatan lateral (t/m²)

- Ns = harga N rata sepanjang tiang tertanam, dengan batasan : $3 < N < 50$
 As = luas selimut tiang yang terbenam (m^2)

b. Kontrol Kekuatan Bahan

Kontrol kekuatan bahan dilakukan dengan mengecek besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang harus lebih kecil dari pada momen Crack bahan. Momen pada tiang pancang didapatkan dari perhitungan SAP sedangkan momen crack bahan didapatkan dari spesifikasi bahan oleh pabrik:

$$M_{tp} < M_{crack}$$

c. Kalendering

Perhitungan kalendering saat pemancangan berguna untuk mengetahui daya dukung tiang sehingga bisa diketahui kapan pemancangan dihentikan. Final set adalah nilai penetrasi tiang pancang tiang tiap pukulan yang diperoleh dari hasil kalendering. Untuk kalendering digunakan rumus *Alfred Hilley Formula*

$$Qu = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot Wp}{W + Wp}$$

Dimana :

Qu = bearing capacity of pile (ton)

α = efisiensi hammer

2,5 untuk hidrolik hammer

1,0 untuk disel hammer

0,75 untuk drop hammer

- W = berat hammer (ton)
 W_p = weight of pile (ton)
 H = tinggi jatuh hummer (m)
 n = Coeffisien of restitution
 S = pile penetration for last blow (cm/blow)
 C = total temporary compression (mm)

$$C = C1 + C2 + C3$$

C1 = kompresi sementara dari *cushion* yang mana menurut BSP adalah :

- *Hard cushion* = 3mm
- *Hard cushion + packing, soft cushion* = 5mm
- *Soft cushion + packing* = 7mm

C2 = kompresi sementara dari tiang

$$= \frac{Qu.L}{Ap \cdot E_{pile}}$$

Untuk tiang beton:

- 400 od = 9mm s/d 12mm
- 500 od = 10mm s/d 14mm

Untuk tiang baja:

- 500 od = 7mm s/d 11mm
- 600 od = 8mm s/d 12mm

C_3 = kompresi sementara dari tanah, dimana nilai nominal = 2,5 mm

- Tanah keras (SPT > 50) : 0-1 mm
- Tanah sedang (SPT 20-30): 2-3 mm
- Tanah lunak (SPT 10-20) : 4-5mm

Berdasarkan pengalaman yang sudah ada, harga C dari diesel hammer K35 adalah:

- Bila $S > 1\text{cm}$ → $C = 1\text{cm}$
- Bila $S = 0,6 - 1\text{ cm}$ → $C = 1,2 - 1,8\text{ cm}$
- Bila $S = 0,2 - 0,5\text{ cm}$ → $C = 1,6 - 2,2\text{ cm}$

d. Kontrol Tiang Pancang

. Titik Jepit tiang (Point of fixity)

Posisi titik jepit tiang (Gambar 2.10) dari permukaan tanah (Z_f) untuk *normally consolidated clay* dan *granular soil* adalah 1.8 T, di mana T adalah faktor kekakuan yang dihitung sebagai berikut: (lihat gambar 2.6)

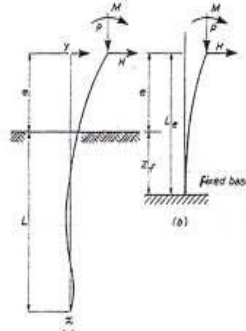
$$T = \sqrt[5]{EI/nh}$$

Dimana :

- nh = untuk cohesionless soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk normally consolidated

clays = 350 s/d 700 KN/m³ dan soft organic silts = 150KN/m³.

- E = modulus elastisitas Young yang tergantung dari bahan tiang pancang
- I = momen inersia dari penampang tiang pancang



Gambar 2. 2 Posisi titik jepit tiang pancang

2. Kontrol kuat bahan

Kontrol kekuatan bahan dilakukan dengan mengecek besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang harus lebih kecil dari pada momen Crack bahan. Momen pada tiang pancang didapatkan dari perhitungan SAP sedangkan momen crack bahan didapatkan dari spesifikasi bahan oleh pabrik:

$$M_{\text{tiang pancang}} < M_{\text{crack}}$$

3. Kontrol lendutan

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12EI}$$

Dimana :

H = lateral load (ton)

e = jarak lateral load dengan muka tanah (m)

Z_f = posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang (m)

4. Kontrol tiang pancang berdiri sendiri

Tiang pancang dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang (ω). Frekuensi tiang (ω_t) harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang tidak bergoyang dan patah. Frekuensi tiang pancang dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wl^2/g}}$$

Dimana:

ω_t = frekuensi tiang

w = berat tiang pancang (kg)

l = tinggi tiang di atas tanah

g = gravitasi (m/s^2)

Frekuensi gelombang dapat dihitung dengan rumus

$$\omega = \frac{1}{T}$$

Dimana:

ω = frekuensi gelombang

T = periode gelombang (s)

5. Kontrol kuat tekuk

Untuk kontrol tekuk terhadap kelangsingan tiang dapat menggunakan rumus :

a. Free headed conditions

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{4(Z_f + e)^2}$$

b. Fixed and translating headed conditions

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

P aksial < Pcr (OK)

Dimana :

P_{cr} = daya dukung tiang kritis

e = jarak lateral load dengan muka tanah (m)

Z_f = posisi titik jepit tanah terhadap satu tiang (m)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

3.1 Umum

Dalam merencanakan detail dermaga *Island Berth* pada tugas akhir ini terlebih dahulu dilakukan pengumpulan dan analisis data. Data – data perencanaan yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang meliputi : data kapal, data alat, peta bathymetri, data pasang surut, data arus, data angin dan data tanah.

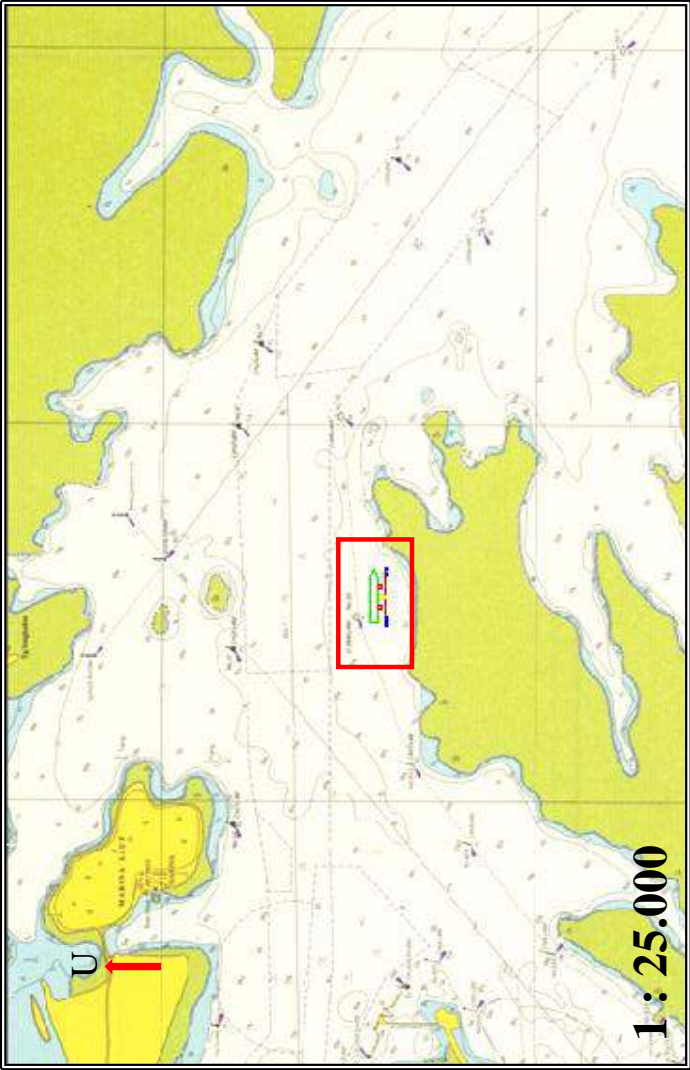
3.2 Peta Bathymetri

Peta Bathymetri dipergunakan untuk mengetahui kondisi bentuk morfologi dasar laut dan kedalaman air di perairan tertentu. Hal ini dipergunakan untuk merencanakan struktur dermaga secara tepat apakah dermaga membutuhkan jetty ataupun cukup menempel dengan daratan sehingga kondisi perencanaan sesuai dengan kondisi yang ada. Peta bathymetri yang digunakan peta hidral perairan PT badak NGL ini didapat dari pihak PT Badak NGL selaku pengelola dermaga *Island Berth* dan pengelola perairan PT Badak NGL.

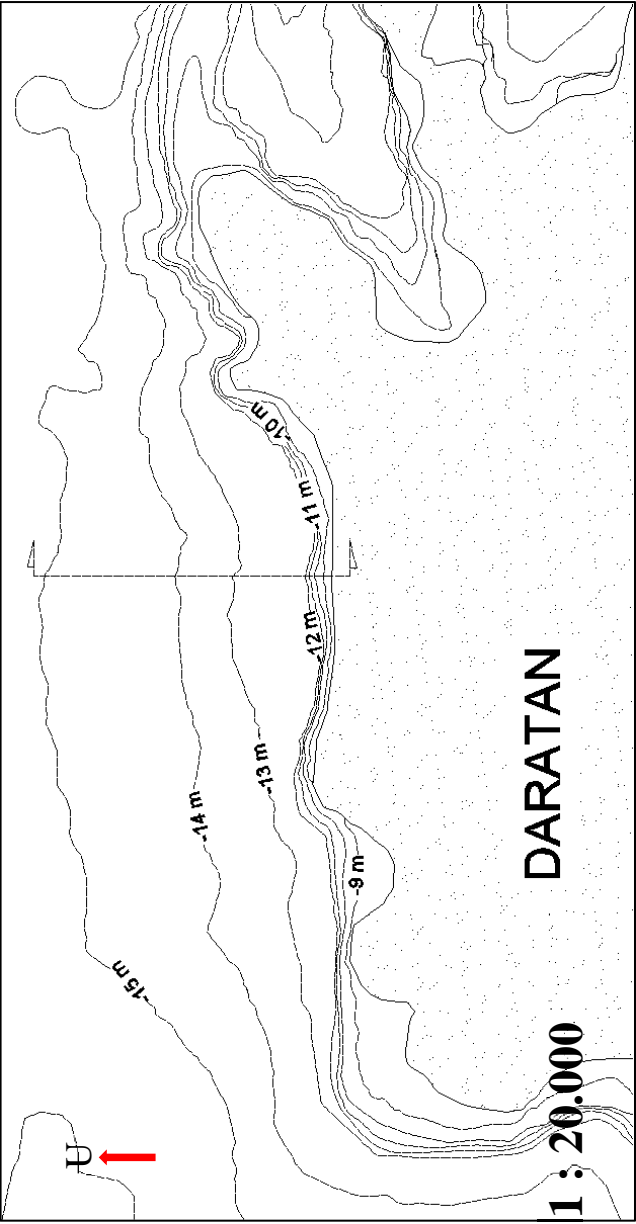
Hasil Analisa Data Bathymetri

Dari data yang didapat terlihat bahwa kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan Dermaga *Island Berth* Bontang adalah sebagai berikut :

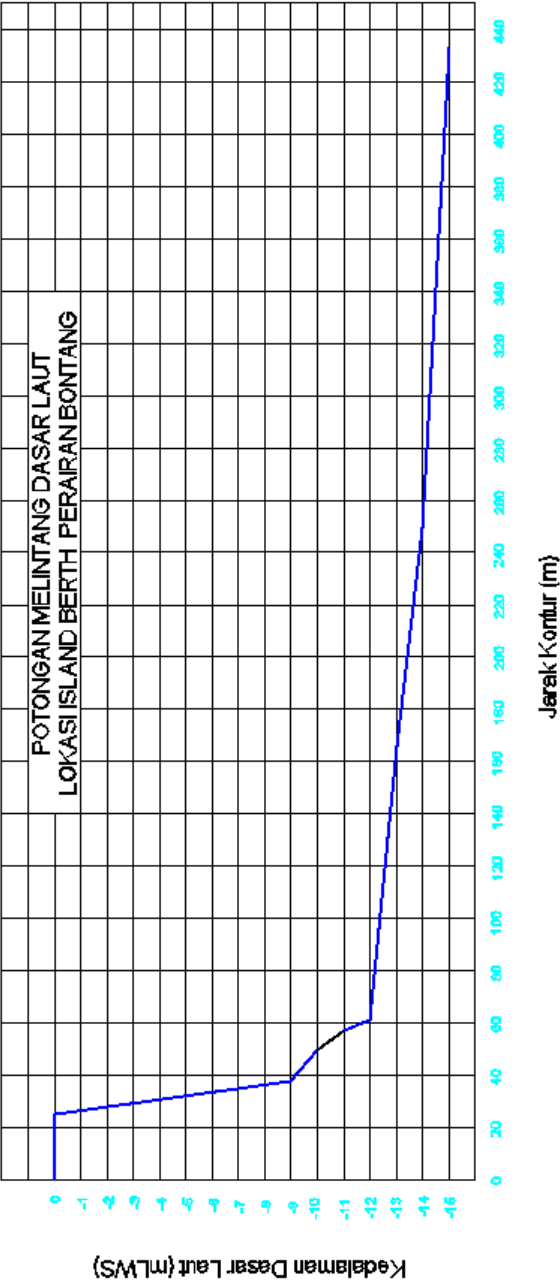
- Dari 12.5 m dari tepi perairan menunjukkan kedalaman - 9 mLWS sampai jarak sekitar 36 m dari daratan semakin dalam sampai pada kedalaman -12.00 mLWS
- Jarak 125 m dari tepi menunjukkan kedalaman -13.00 mLWS



Gambar 3.1 - Peta bathymetri Perairan Bontang
(Sumber : Dishidros 2010)



Gambar 3.2 - Peta bathymetri Peraian Bontang



Gambar 3.3 – Potongan Melintang Lokasi Dermaga Island Berth
Peraian Bontang

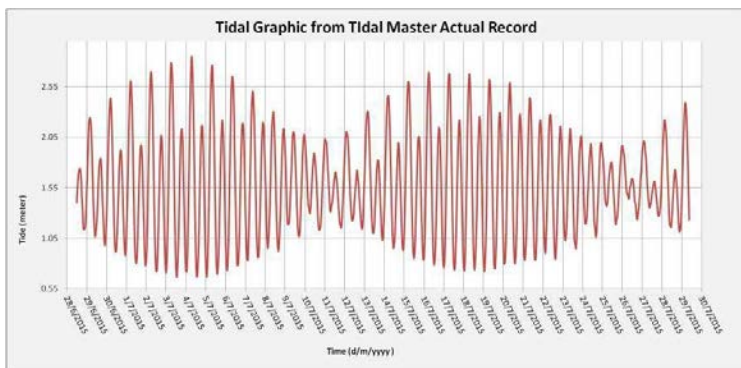
Dari gambar 3.3 terlihat kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan Bontang rata – rata adalah 13 mLWS. Sehingga dermaga direncanakan berada pada kedalaman 13 m, dikarenakan pada lokasi terdapat alur pelayaran.

3.3 Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan adalah hasil pengamatan dari Tidal Master Actual Record yang didapat dari pihak PT Badak NGL selaku pengelola dermaga *Island Berth* dan pengelola perairan PT Badak NGL. Pengukuran Pasang Surut ini dilakukan di pelabuhan Kayu Pagung, Sekaming, Bontang. Pengukuran dilakukan selama 31 hari (28 Juni 2015 – 29 Juli 2015) dengan menggunakan peralatan Tide Master.

Hasil Analisa Data Bathymetri

Data pasang surut yang diperoleh, digunakan untuk kebutuhan perencanaan gaya horizontal, elevasi dermaga dan kedalaman dermaga. High water level (HWL) selama 31 hari pengamatan adalah +2.46 meter. Kurva hasil rekaman pasang surut di Perairan Bontang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 - Grafik pengukuran pasang surut di stasiun pasang surut Sekaming.

(sumber: Tim Interim Report ITS)

Perilaku pasang surut dianalisis pada kondisi *spring tide* dan *neap tide*. Dari konstanta harmonik diperoleh bilangan Formzaal yang mengidentifikasi tipe pasang surut di Perairan Bontang. Berdasarkan ketinggian air yang didapat dari Tidal Master Actual Record bilangan Formzal untuk Bontang yaitu 0,41219, hal tersebut menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan Bontang adalah pasang surut campuran condong semidiurnal. Dari grafik 3.2, kemudian dilakukan analisis *harmonic component* pasang surut menggunakan *software T-Tide* dengan hasil yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tidal constituent based on water level produced by TideMaster Actual Record			
tide	freq	amp	pha
MSF	0.0028219	0.0039	93.72
2Q1	0.0357064	0.0024	288.86
*Q1	0.0372185	0.0275	220.32
*O1	0.0387307	0.1446	242.75
*NO1	0.0402686	0.0122	325.97
*K1	0.0417807	0.2187	281.5
*J1	0.0432929	0.0166	276.77
OO1	0.0448308	0.0046	91.52
UPS1	0.046343	0.0025	52.67
*N2	0.0789992	0.0773	145.57
*M2	0.0805114	0.5556	153.4
*S2	0.0833333	0.3253	215.42
ETA2	0.0850736	0.0179	250.61
MO3	0.1192421	0.0027	299.26
*M3	0.1207671	0.0046	343.23
*MK3	0.1222921	0.0082	31.53
*SK3	0.1251141	0.0061	53.62
MN4	0.1595106	0.001	301.89
*M4	0.1610228	0.0046	4.12
*MS4	0.1638447	0.0042	63.05
S4	0.1666667	0.0003	302.14
2MK5	0.2028035	0.0019	72.41
2SK5	0.2084474	0.0003	292.03
2MN6	0.2400221	0.0001	297.17
*M6	0.2415342	0.0023	346
2MS6	0.2443561	0.0022	80.04
2SM6	0.2471781	0.0009	177.18
3MK7	0.2833149	0.0012	102.21
M8	0.3220456	0.0001	113.5

Tabel 3.1 - Hasil perhitungan nilai pasang surut menggunakan *software T-Tide*
(Sumber : Tim Interim Report ITS)

Berdasarkan analisis harmonik *T-Tide* ini lalu ditentukan kondisi muka air laut dari masing – masing kondisi pasang surut. Hasil perhitungan berdasarkan formula Surimiharja (1997) dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

	Tidal Level	Calculation
HAT	(Highest Astronomical Tide)	$= LAT + 2(AK_1 + AO_1 + AS_2 + AM_2)$ = 2.8242
MHHWS	(Mean Higher High Water Spring)	$= LAT + 2(AS_2 + AM_2) + AK_1 + AO_1$ = 2.4609
MHHWN	(Mean Higher High Water Neap)	$= LAT + 2AM_2 + AK_1 + AO_1$ = 1.8103
MSL	(Mean Sea Level)	= 1.58
MLLWN	(Mean Lower Low Water Neap)	$= LAT + 2 AS_2 + AK_1 + AO_1$ = 1.3497
MLLWS	(Mean Low Lower Water Spring)	$= LAT + AK_1 + AO_1$ = 0.6991
LAT	(Lowest Astronomical Tide)	$= MSL - AK_1 - AO_1 - AS_2 - AM_2$ = 0.3358

Tabel 3.2 - Hasil perhitungan elevasi pasang surut berdasarkan formula Surimiharja (1997)
(**Sumber** : Tim Interim Report ITS)

Dari hasil pengamatan (grafik 3.1) didapatkan bahwa perilaku pasang surut pada daerah perairan Bontang adalah :

1. Tipe pasang surut bersifat campuran dan cenderung ke harian ganda
2. Beda pasang surut sebesar **+2.46 m** diatas **± 0.00 mLWS**
3. Elevasi HWS (High Water Spring) pada **+2.46 mLWS**
4. Elevasi MSL (Mean Sea Level) pada **+ 1.23 mLWS**
5. Elevasi LWS (Low Water Spring) pada **± 0.00 mLWS**

3.4 Data Arus

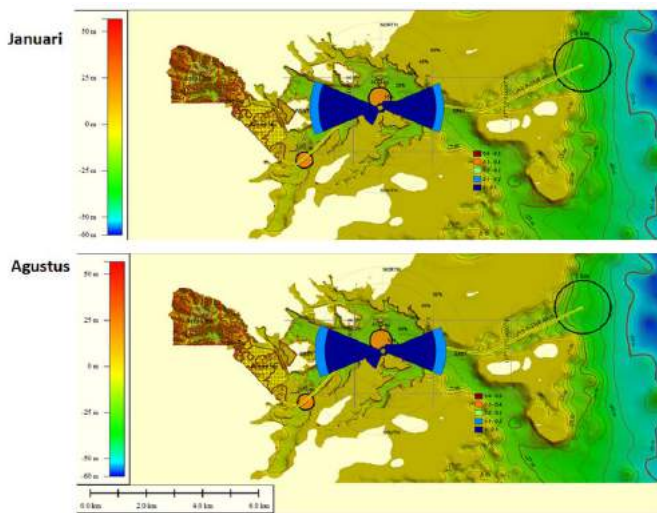
Arus yang terjadi di sepanjang pantai biasanya merupakan arus akibat perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi lain, sehingga arus dipengaruhi pola pasang surut. Beberapa kegunaan data arus adalah:

- menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus kapal (*cross currents*), agar dapat bermanuver dengan cepat dan mudah.

- mengevaluasi kondisi stabilitas garis pantai, mengalami erosi atau sedimentasi.

Berdasar buku: Port designer's handbook: recommendations and guidelines oleh Carl A. Thoresen, halaman 65, pada kecepatan arus tegak lurus dermaga (cross current) lebih dari 1,5 m/detik akan menyulitkan kapal bertambat. Dalam hal ini orientasi Jetty tidak boleh tegak lurus arah arus dengan kecepatan $> 1,5$ m/detik.

Data rata-rata arus harian yang diperoleh dari pihak PT Badak NGL selaku pengelola dermaga *Island Berth* dan pengelola perairan PT Badak NGL pada bulan Januari dan Agustus 2015 berupa *current rose* pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 - *Current rose* di lokasi perencanaan *Island Berth*
(Sumber : Tim Interim Report ITS)

Hasil Analisa Data Arus

Disepanjang muara, kecepatan arus rata rata mencapai 0.4 sampai 0.55 m/dt sementara disepanjang jalur masuk didekat selat Makassar arus pada permukaan mencapai 1.15 m/dt. Pengukuran ADCP menunjukkan arus permukaan pada mulut terusan antara pulau Melahing dan Kedinding memiliki kecepatan maksimum sekitar 1.2 m/dt , dan turun menjadi 0.4-0.6 m/dt pada kedalaman antara 2-6 m dan kecepatan arus selanjutnya menurun anantara -0.2 sampai 0.387 m/dt dibawah kedalaman 6 m. Kecepatan arus di lokasi perencanaan relatif kecil karena berada di perairan yang cenderung tertutup.

Berdasarkan data arus bulan Januari dan Agustus dapat disimpulkan bahwa kondisi arus pada lokasi *Island Berth* secara dominan mengarah timur dan barat dengan kecepatan antara 0.00-0.10 m/dt. Sehingga dari analisis data disimpulkan bahwa arah arus tidak mengganggu navigasi kapal karena tidak terjadi *cross current* dan kecepat arus tidak melebihi dari kecepatan arus yang diizinkan yaitu 3 knots (1.5 m/s).

3.5 Data Angin

Data angin merupakan salah satu data yang penting dalam merencanakan suatu bangunan pantai. Data ini didapat dari hasil pengamatan selama 10 tahun (tahun 2004-2014). Data ini didapatkan dari re-analisis data National Centre for Environment Prediction (NCEP) oleh tim Interim Report ITS. Lokasi data angin dapat dilihat pada **Gambar 3.6**



Gambar 2.6 - Peta lokasi pengambilan data angin

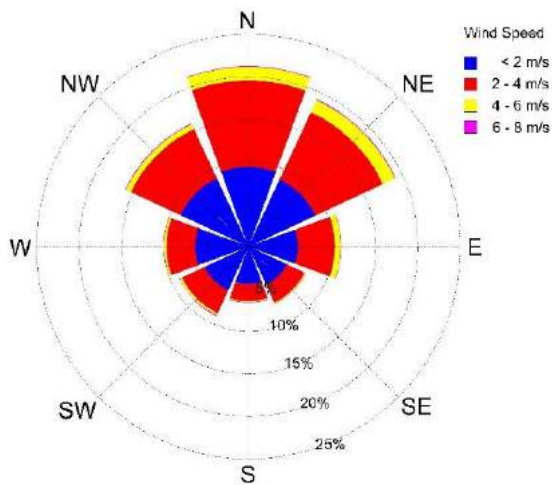
Pengolahan data dilakukan untuk menghitung persentase dari kejadian angin serta mengklasifikasikan arah dan kecepatan angin selama interval waktu tahun 2004 sampai tahun 2014.

Hasil Analisa Data Arus

Data angin yang diperoleh berupa *windrose* serta tabel distribusi frekuensi dari arah dan kecepatan angin dalam 8 arah utama (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat dan Barat laut) per bulan selama 10 tahun. Kemudian data – data tersebut di rata – rata sehingga didapatkan data angin rata – rata per bulan selama 10 tahun. Data tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 - Frekuensi rata – rata kejadian angin per bulan selama 10 tahun (2004 – 2014)

Wind direction	Wind speed (m/s)						Total (%)
	<2	2-4	4-6	6-8	8-10	>10	
N	9.37	10.21	1.61	0.06	0.00	0.00	21.26
NE	8.70	8.76	1.58	0.10	0.00	0.00	19.13
E	5.85	4.31	0.70	0.05	0.00	0.00	10.92
SE	4.95	2.32	0.16	0.00	0.00	0.00	7.43
S	4.43	1.99	0.17	0.05	0.00	0.00	6.63
SW	5.69	2.95	0.25	0.08	0.00	0.00	8.98
W	6.30	3.37	0.27	0.05	0.00	0.00	9.98
NW	8.83	6.42	0.65	0.10	0.00	0.00	15.99
All	54.11	40.33	5.38	0.50	0.00	0.00	100



Gambar 3.7 - Windrose perairan Kota Bontang
(sumber: LPPM-ITS Surabaya yang telah diolah)

Berdasarkan data yang diperoleh, pada umumnya angin di daerah Bontang termasuk angin yang lemah, karena Bontang terletak pada garis equator. Dari tabel diatas dapat dilihat pola angin di sekitar Bontang dengan frekuensi periode 10 tahun angin dominan arah utara laut serta memiliki kecepatan maksimum 6 – 8 m/dt. Sedangkan, kecepatan maksimum angin pada daerah Bontang ini yaitu 17 sampai 23 knot denganarah dominan Barat Daya, Selatan, dan Tenggara. Arah angin dominan pada daerah offshore yaitu dari arah utara, Barat Laut, dan Selatan. Dari tabel diatas dapat dilihat pola angin di sekitar Bontang. Umumnya angin yang terjadi memiliki kecepatan yang rendah, karena wilayah Bontang terletak di sekitar garis katulistiwa.

3.6 Data Tanah

Data penyelidikan tanah digunakan untuk merencanakan struktur bagian bawah. Data tanah didapat dari pihak PT Badak NGL selaku pengelola dermaga *Island Berth* dan pengelola perairan PT Badak NGL. Pengambilan data tanah ini meliputi pengambilan *standrat penetration test (SPT)*. Data SPT ini di ambil disekitar perairan lokasi rencana akan dibangunnya Island Berth yang diambil sampai dengan kedalaman -60 m dari *seabed*.

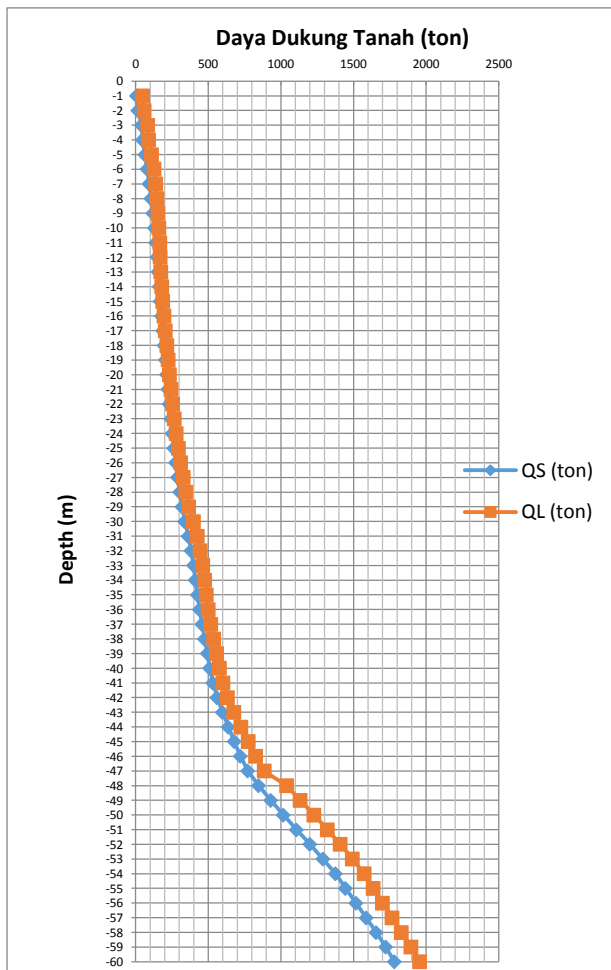
Hasil Analisa Data Tanah

Daerah *Island Berth* memiliki variasi tanah yang memadai, tetapi pada umumnya jenis tanah pada kedalaman -12 sampai -29 mLWS adalah clayed silt, pada -54 mLWS sampai -60 mLWS adalah clayey silt with minor sand dengan nilai rata rata NSPT 28. Hasil analisis hasil N-SPT dapat dilihat pada tabel 3.3, sedangkan untuk grafik nilai NSPT tersebut dapat dilihat pada gambar 3.8

Tabel 3.3 Analisa hasil N-SPT

Depth (m)	N	N'	Np'	K	Ap	Qp	Ns1	Ns	qs	As	Qs	QL (ton)	Qall (ton)
1,00	3	3	8,4	25	0,19835	41,7	3,0	3,0	2,0	3,33	6,7	48,3	16,1
2,00	6	6	8,8	25	0,19835	43,8	6,0	4,5	2,5	6,66	16,7	60,5	20,2
3,00	9	9	9,0	25	0,19835	44,6	9,0	9,0	4,0	9,99	40,0	84,6	28,2
4,00	12	12	9,0	25	0,19835	44,6	12,0	7,5	3,5	13,32	46,6	91,2	30,4
5,00	12	12	9,6	25	0,19835	47,7	12,0	8,4	3,8	16,65	63,3	111,0	37,0
6,00	11	11	9,8	25	0,19835	48,3	11,0	8,8	3,9	19,98	78,8	127,2	42,4
7,00	10	10	9,4	25	0,19835	46,5	10,0	9,0	4,0	23,31	93,2	139,7	46,6
8,00	9	9	8,5	25	0,19835	42,1	9,0	9,0	4,0	26,64	106,6	148,7	49,6
9,00	8	8	7,4	25	0,19835	36,6	8,0	8,9	4,0	29,97	118,8	155,3	51,8
10,00	7	7	6,5	25	0,19835	32,2	7,0	8,7	3,9	33,30	129,9	162,1	54,0
11,00	6	6	5,8	25	0,19835	28,5	6,0	8,5	3,8	36,63	139,9	168,4	56,1
12,00	5	5	5,1	20	0,19835	20,3	5,0	8,2	3,7	39,96	148,7	169,1	56,4
13,00	3	3	4,8	20	0,19835	18,8	3,0	7,8	3,6	43,29	155,4	174,2	58,1
14,00	4	4	4,5	20	0,19835	17,9	4,0	7,5	3,5	46,62	163,2	181,0	60,3
15,00	4	4	4,4	20	0,19835	17,4	4,0	7,3	3,4	49,95	170,9	188,3	62,8
16,00	4	4	4,4	20	0,19835	17,4	4,0	7,1	3,4	53,28	178,7	196,1	65,4
17,00	5	5	4,6	20	0,19835	18,3	5,0	6,9	3,3	56,61	187,6	205,9	68,6
18,00	5	5	4,8	20	0,19835	18,8	5,0	6,8	3,3	59,94	196,5	215,3	71,8
19,00	5	5	5,0	20	0,19835	19,8	5,0	6,7	3,2	63,27	205,4	225,2	75,1
20,00	5	5	5,3	20	0,19835	20,8	5,0	6,7	3,2	66,60	214,2	235,1	78,4
21,00	5	5	5,5	20	0,19835	21,8	5,0	6,6	3,2	69,93	223,1	244,9	81,6
22,00	5	5	5,9	20	0,19835	23,3	5,0	6,5	3,2	73,26	232,0	255,3	85,1
23,00	6	6	6,4	20	0,19835	25,3	6,0	6,5	3,2	76,59	242,0	267,3	89,1
24,00	6	6	7,1	20	0,19835	28,3	6,0	6,5	3,2	79,92	252,0	280,2	93,4
25,00	7	7	8,0	20	0,19835	31,7	7,0	6,5	3,2	83,25	263,1	294,8	98,3
26,00	8	8	9,0	20	0,19835	35,7	8,0	6,5	3,2	86,58	275,3	311,0	103,7
27,00	9	9	10,0	20	0,19835	39,7	9,0	6,6	3,2	89,91	288,6	328,3	109,4
28,00	11	11	10,9	20	0,19835	43,1	11,0	6,8	3,3	93,24	304,1	347,3	115,8
29,00	12	12	11,6	20	0,19835	46,1	12,0	7,0	3,3	96,57	320,8	366,9	122,3
30,00	13	13	12,1	25	0,19835	60,1	13,0	7,2	3,4	99,90	338,6	398,7	132,9
31,00	14	14	12,6	25	0,19835	62,6	14	7,5	3,5	103,23	362,5	425,1	141,7
32,00	13	13	12,9	25	0,19835	63,8	13	7,8	3,6	106,56	382,4	446,3	148,8
33,00	13	13	13,1	25	0,19835	65,1	13	7,9	3,6	109,89	399,3	464,4	154,8
34,00	12	12	13,1	25	0,19835	65,1	12	7,9	3,6	113,22	411,4	476,5	158,8
35,00	13	13	12,9	25	0,19835	63,8	13	7,9	3,6	116,55	424,8	488,6	162,9
36,00	13	13	12,5	25	0,19835	62,0	13	8,0	3,7	119,88	439,6	501,6	167,2
37,00	14	14	12,4	25	0,19835	61,4	14	8,1	3,7	123,21	457,3	518,6	172,9
38,00	13	13	12,8	25	0,19835	63,2	13	8,3	3,8	126,54	475,2	538,5	179,5
39,00	12	12	13,2	25	0,19835	65,4	12	8,4	3,8	129,87	493,5	558,9	186,3
40,00	10	10	13,8	25	0,19835	68,2	10	8,5	3,8	133,2	510,6	578,8	192,9
41,00	12	12	14,2	25	0,19835	70,4	12	8,7	3,9	136,53	532,5	602,8	200,9
42,00	15	15	14,8	25	0,19835	73,1	15	9,0	4,0	139,86	561,0	634,1	211,4
43,00	18	16,5	15,8	25	0,19835	78,1	18	9,5	4,2	143,19	598,2	676,3	225,4
44,00	20	17,5	17,8	25	0,19835	88,3	20	10,1	4,4	146,52	638,2	726,5	242,2
45,00	20	17,5	19,8	25	0,19835	98,2	20	10,6	4,5	149,85	679,3	777,6	259,2
46,00	20	17,5	21,5	25	0,19835	106,6	20	11,1	4,7	153,18	721,7	828,3	276,1
47,00	25	20,0	23,0	25	0,19835	114,0	25	11,8	4,9	156,51	772,1	886,2	295,4
48,00	38	26,5	24,4	40	0,19835	193,4	38	12,9	5,3	159,84	847,2	1040,6	346,9
49,00	41	28,0	25,6	40	0,19835	203,3	41	14,1	5,7	163,17	930,1	1133,4	377,8
50,00	42	28,5	26,7	40	0,19835	211,7	42	15,3	6,1	166,5	1017,5	1229,3	409,8

51,00	42	28,5	26,9	40	0,19835	213,2	42	16,6	6,5	169,83	1107,7	1320,9	440,3
52,00	42	28,5	26,4	40	0,19835	209,3	42	17,8	6,9	173,16	1200,6	1409,9	470,0
53,00	40	27,5	25,7	40	0,19835	203,8	40	18,9	7,3	176,49	1290,4	1494,2	498,1
54,00	37	26,0	24,9	40	0,19835	197,8	37	20,0	7,7	179,82	1376,7	1574,5	524,8
55,00	28	21,5	24,1	40	0,19835	191,4	28	20,7	7,9	183,15	1444,9	1636,3	545,4
56,00	30	22,5	23,2	40	0,19835	184,0	30	21,4	8,1	186,48	1516,7	1700,7	566,9
57,00	30	22,5	22,6	40	0,19835	179,1	30	22,1	8,4	189,82	1588,1	1767,2	589,1
58,00	30	22,5	22,0	40	0,19835	174,5	30	22,7	8,6	193,15	1656,8	1831,3	610,4
59,00	29	22,0	22,1	40	0,19835	175,3	29	23,3	8,8	196,48	1722,4	1897,8	632,6
60,00	27	21,0	22,0	40	0,19835	174,5	27	23,8	8,9	199,81	1782,7	1957,3	652,4

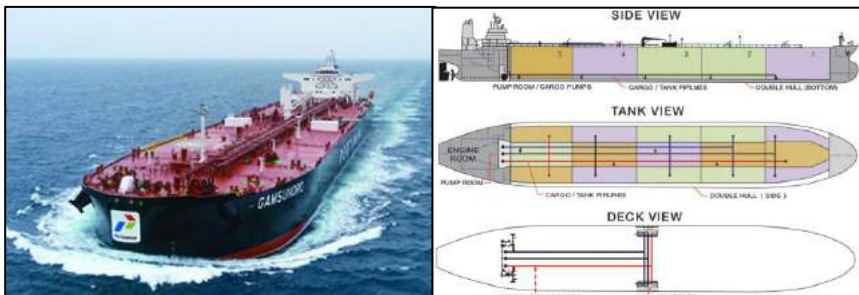


Gambar 3.8 - Grafik Nilai NSPT daerah *Island Berth*
(Sumber: Tim Interim Report ITS)

3.7 Data Kapal

Dalam tugas akhir ini kapal tanker minyak yang direncanakan untuk bertambat di dermaga Island Berth PT. Badak NGL adalah kapal tanker BBM premium 85.000 DWT seperti pada gambar 3.9 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------------------------------|--------------------------|
| 1. DWT | = 85.000 ton |
| 2. Displacement Tonnage | = 120.000 ton |
| 3. GT (Gross Tonnage) | = 47.005 ton |
| 4. Loa (<i>Length Overall</i>) | = 242 m |
| 5. Lbp (<i>length between perpendiculars</i>) | = 230 m |
| 6. B (<i>Beam</i>) | = 35,4 m |
| 7. d (<i>full Draft</i>) | = 12,92 m |
| 8. d (<i>Light Draft</i>) | = 4,27 m |
| 9. Tinggi kapal | = 20,12 m |
| 10. Kapasitas | = 133.024 m ³ |



Gambar 3.9 - Gambar Detail Tanker Minyak 85.000 DWT

BAB IV

EVALUASI LAYOUT

4.1. Umum

Evaluasi layout merupakan salah satu hal yang sangat penting untuk dilakukan, hal ini bertujuan untuk menentukan apakah perencanaan dermaga yang dilakukan sudah memenuhi spesifikasi dan sesuai dengan standart perencanaan yang ada. Perencanaan layout dermaga *Island Berth* untuk bahan bakar premium ini harus direncanakan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan. Dermaga sendiri harus memiliki dimensi yang cukup guna melayani keperluan bongkar muat kapal yang baik, seperti ketinggian elevasi dermaga untuk mengantisipasi terjadinya kebanjiran ketika air meluap serta kedalaman dan jarak *dolphin* harus sesuai dengan standard.

4.2. Proses Muat (*Loading*)

Proses *Loading* melalui proses yang cukup panjang dan sulit mengingat isi dari muatan kapal yang sangat penting. Berikut adalah urutan proses bongkar muat pada kapal tanker 85.000 DWT yang mengangkut muatan produk minyak BBM Premium RON 85 :

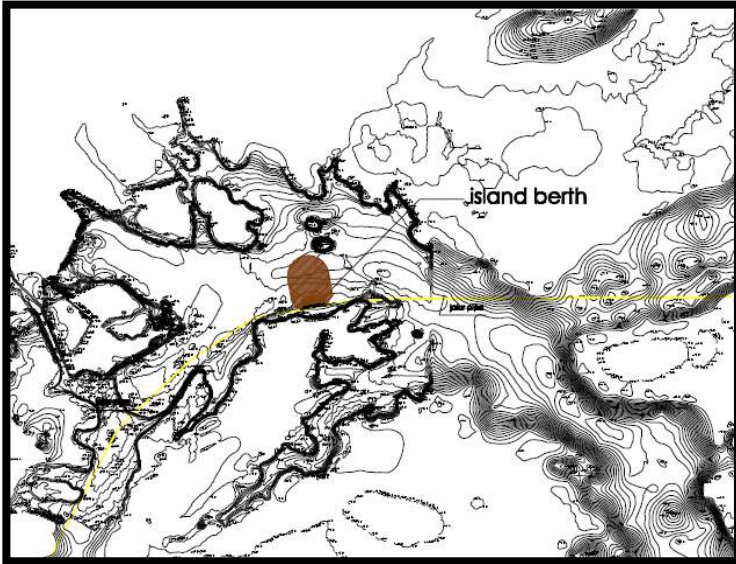
1. Kapal tanker menunggu di anchorage area menunggu proses persetujuan *Notice of Readiness* yang diserahkan pada pihak pengelola dermaga.
2. Dokumen kesiapan kapal diserahkan kembali pada kapal tanker.
3. Kapal tunda menjemput kapal tanker dan mengarahkan kapal tanker menuju ke arah dermaga.
4. Kapal tanker berputar didepan dermaga dan memulai proses bertambat dengan memasang tali tambat ke dermaga

5. Mesin penggerak kapal dimatikan untuk keamanan proses bongkar muat.
6. *Tower Gangway* dipasang ke kapal untuk lalu lintas pekerja pada proses bongkar muat.
7. *Marine Loading Arm* dipasang ke kapal melalui *transfer line* untuk menyalurkan muatan minyak.
8. Muatan mulai disalurkan melalui pipa ke kapal dengan menggunakan kompresor.
9. Proses penyaluran dari kilang penyimpanan aspal didarat ke kapal diperlambat.
10. Proses penyaluran muatan ke kapal telah selesai.
11. Pembersihan pada *Marine Loading Arm* dengan mengosongkan sisa minyak pada saluran menggunakan nitrogen.
12. *Marine Loading Arm* dilepas dari kapal.
13. Nahkoda dan Anak Buah Kapal bersiap dan menyiapkan kapal.
14. *Tower gangway* dilepas dari kapal.
15. Mesin kapal mulai dinyalakan kembali.
16. Tali tambat kapal dilepaskan dari dermaga.
17. Kapal tunda menjemput kapal tanker dan mengarahkan kapal tanker menuju perairan terbuka.
18. Kapal tanker meninggalkan kawasan Perairan Bontang dan proses muat telah selesai.

4.3. Layout Rencana Awal

Dermaga *open pier* pada dermaga *Island Berth* di perairan Kota Bontang direncanakan bisa melayani kapal tanker 85.000 DWT. *Layout* rencana awal yang digunakan dalam tugas akhir ini dibuat oleh tim LPPM – ITS Surabaya. Lokasi dermaga pada peta bathymetri dapat dilihat pada

Gambar 4.1, sedangkan untuk *layout* daratan rencana awal dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.1 - *General Layout* rencana dermaga Island Berth
(sumber: LPPM-ITS Surabaya)

Gambar 4.2 - *Layout daratan rencana awal*
(sumber: LPPM-ITS Surabaya)

Berdasarkan *layout* rencana awal diatas, dapat dilihat dimensi dari masing – masing komponen pada *layout* rencana awal pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 - Dimensi layout rencana awal

Rencana	Dimensi	Keterangan
Panjang Alur Masuk	-	Belum ditentukan
Lebar Alur masuk	-	Belum ditentukan
Kolam putar	-	Belum ditentukan
Panjang kolam dermaga	-	Belum ditentukan
Lebar kolam dermaga	-	Belum ditentukan
Kedalaman kolam dermaga	- 14,5 sampai 15 m	-
Panjang dermaga	438 m	-
<i>Loading Platform</i>	35 x 20 m	-
Bentang Breasting Dolphin	80 m	-
Bentang Mooring Dolphin	338,0 m	-
Elevasi loading platform	-	Belum ditentukan
Elevasi Breasthing Dolphin	-	Belum ditentukan

Elevasi Mooring Dolphin	-	Belum ditentukan
Panjang Catwalk 1	30,00 m	-
Panjang Catwalk 2	30,00 m	-
Panjang Catwalk 3	25,00 m	-

4.4. Evaluasi Layout Perairan

Kriteria kapal *tanker* yang didapatkan dari data Tim Interim *Report ITS* direncanakan untuk menggunakan dermaga telah dijelaskan pada bab III subbab 3.7

A. Kebutuhan alur masuk (entrance channel)

a. Lebar alur masuk

Untuk menentukan lebar alur masuk, hal-hal yang harus diperhatikan adalah kemungkinan kapal akan berpapasan dengan kapal lain atau tidak. Dalam perencanaan ini, direncanakan kapal tidak berpapasan (*one way traffic*), hal ini dikarenakan lokasi *Island Berth* berada disekitar alur pelayaran sehingga pada dermaga ini hanya direncanakan untuk bertambat satu kapal saja. Sehingga :

$$W = 1 \times LOA$$

$$= 1 \times 242 = 242 \text{ m}$$

Jadi, lebar alur masuk memiliki lebar sebesar 242 meter.

b. Panjang alur masuk (stopping distance)

Untuk menentukan panjang alur masuk, hal-hal yang harus diperhatikan adalah kemampuan kapal untuk menurunkan kecepatan dari kecepatan pada saat

kapal berada di perairan bebas menjadi berhenti dengan kondisi mesin masih dalam keadaan hidup. Panjang minimum untuk kapal 85.000 DWT dengan kecepatan jelajah direncanakan kapal bergerak dengan kecepatan 5 knots
 $Sd_{min} = 3 \times LOA$

$$= 3 \times 242 = 726 \text{ m} \approx 726 \text{ m}$$

Jadi panjang alur masuk yang dibutuhkan kapal 85.000 DWT agar dapat adalah 726 m. Kedalaman untuk panjang alur masuk disesuaikan dengan kedalaman alur masuk.

c. Kedalaman alur masuk

Untuk menentukan kedalaman alur masuk, hal-hal yang harus diperhatikan adalah kecepatan kapal ketika mendekati dermaga untuk perairan tenang atau tertutup dan kondisi dasar laut dari perairan yang akan ditinjau. Kedalaman minimum untuk perairan terbuka dan kecepatan kapal >15 kts adalah $1.1 \times \text{draft}$. Sehingga kedalaman alur masuk Direncanakan kedalaman kapal di depan dermaga
 $D = 1.15 \times \text{Draft}$

$$= 1.15 \times 12.92 = 14,858 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

Jadi kedalaman perairan pada alur masuk yang dibutuhkan kapal 85.000 DWT agar dapat melintas adalah -15 mLWS.

d. Kebutuhan kolam putar (turning basin)

Kolam putar direncanakan berada pada depan dermaga dan kapal bermanuver dengan di pandu

$$\begin{aligned} Db &= 2 \times LOA \\ &= 2 \times 242 = 484 \text{ m} \approx 490 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, area kolam putar (*turning basin*) memiliki diameter sebesar 490 meter.

e. Kebutuhan kolam Dermaga

Pada perencanaan Dermaga ini, kapal yang akan bertambat hanya melayani 1 buah kapal 85.000 DWT. Untuk kedalaman Dermaga, diambil 1,1 *draft* untuk perairan tertutup. Sedangkan untuk kebutuhan luasan Dermaga digunakan $1,25 \times \text{Loa}$ untuk panjang Dermaga dengan bantuan kapal pandu dan $1,25 \times B$ untuk lebar Dermaga untuk Dermaga bebas. Sehingga kebutuhan kolam Dermaga adalah :

1. Lebar kolam Dermaga

Direncanakan posisi Dermaga bebas

$$W = 1.25 \times B$$

$$= 1.25 \times 35.4 = 44.25 \text{ m} \approx 45 \text{ m}$$

2. Panjang kolam Dermaga

Direncanakan dengan dibantu kapal pandu

$$L = 1.25 \times \text{LOA}$$

$$= 1.25 \times 242 = 302.5 \text{ m} \approx 310 \text{ m}$$

3. Kedalaman kolam Dermaga

Direncanakan kedalaman kapal di depan Dermaga

$$D = 1.15 \times \text{Draft}$$

$$= 1.15 \times 12.92 = 14.858 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi layout perairan yang dilakukan, didapatkan dimensi dari masing masing komponen dari Dermaga *Island Berth* yang disajikan dalam tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2- Evaluasi layout perairan

Rencana	Dimensi	Keterangan
Panjang Alur Masuk	726 m	-
Lebar Alur masuk	242 m	-
Kolam putar	490 m	-
Panjang kolam dermaga	310	-
Lebar kolam dermaga	45	-
Kedalaman kolam dermaga	- 15 m	-
Panjang dermaga	310 m	-
<i>Loading Platform</i>	35,5 x 24 m	-
Bentang Breasting Dolphin	75 m	-
Bentang Mooring Dolphin	200,0 m	-
Elevasi Loading Platform	+3,96 mLWS	-
Elevasi Breasthing Dolphin	+3,96 mLWS	-

Elevasi Mooring Dolphin 1,2,3,4,5,6	+3,96 mLWS	-
Panjang Catwalk 1	24,00 m	-
Panjang Catwalk 2	28,00 m	-
Panjang Catwalk 3	30,00 m	-

1.3. Evaluasi Layout Daratan

Jetty yang direncanakan meliputi fasilitas dermaga seperti *loading platform*, *mooring* dan *breasting dolphin*, *floating pontoon* serta *catwalk*. Adapun evaluasi dari layout daratan adalah sebagai berikut :

a. Elevasi dermaga

Evaluasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Elevasi dermaga yang digunakan diambil dari data pasang surut sebesar 2.46 Mlws. Elevasi dermaga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

El = Beda pasut + (0.5 ~ 1.5)

1. Elevasi Loading Platform

$$El = 2,46 + 1,5 = 3.96 \text{ mLWS}$$

2. Elevasi Breasting Dolphin

$$El = 2,46 + 2 = 4.46 \text{ mLWS}$$

3. Elevasi Mooring Dolphin

$$El = 2,46 + 2 = 4.46 \text{ mLWS}$$

b. Kebutuhan ukuran dermaga

Dimensi dari *loading platform* ditentukan dari ukuran dan jarak dari peralatan diatasnya berupa *Marine Loading Arm (MLA)*, *gangway tower*, *monitor tower* dan *jib crane*. Dimensi dari *Loading Platform* biasanya 35 x 25 m². Dalam perencanaan dermaga Island Berth ini, direncanakan dimensi dermaga yaitu 35,5m x 24 m.

c. Kebutuhan ukuran dan bentang *breasting dolphin*

Breasting dolphin harus bersifat fleksible karena *breasting dolphin* di desain untuk menyerap energy kinetik kapal. Jarak *breasting dolphin* ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$As \text{ to } as = 0.25 - 0.4 \times LOA \text{ kapal terbesar}$$

$$= 0.3 \times 242 = 72.6 \text{ m} \approx 75 \text{ m}$$

Kebutuhan jarak antar breasting 72.6 m. Dalam perencanaan dermaga, jarak yang digunakan adalah 75 m

- d. Kebutuhan ukuran dan bentang *mooring dolphin*
Mooring dolphin harus ditempatkan dengan jarak antara 35 – 50 m dibelakang berthing face agar sudut vertical tidak melebihi 30°. Jarak antar *mooring dolphin* ditentukan dengan rumus sebagai berikut :
- Outer = 1.35 x LOA kapal terbesar
 = 1.35 x 242 = 326.7 m \approx 328 m
- Inner = 0.80 x LOA kapal terbesar
 = 0.80 x 242 = 193.6 m \approx 195 m

Kebutuhan jarak antar *mooring dolphin* berkisar 195 m sampai 328 m. Dalam perencanaan dermaga, jarak mooring dolphin terdalam yang digunakan adalah 200 m, dan jarak antar mooring dolphin terluar yang digunakan adalah 328 m.

- e. Kebutuhan kedalaman
- Pengerukan (*dredging*) di pelabuhan dilakukan pada pelaksanaan pembangunan dermaga, pembuatan alur dan kolam putar untuk mendapatkan kedalaman rencana. Pada pembuatan alur dan kolam pelabuhan pengerukan ada 2 macam yaitu pengerukan awal dan pengerukan untuk maintenance pelabuhan.
- Pengerukan awal dilakukan dengan memindahkan tanah dasar laut pada kolam pelabuhan sampai mencapai kedalaman kolam pelabuhan yang direncanakan. Kedalaman tersebut tergantung dari jenis kapal rencana yang akan bongkar muat di pelabuhan tersebut. Pengerukan ini mempunyai volume kerukan

yang cukup besar bila dibandingkan dengan pengerukan untuk maintenance.

Dari hasil evaluasi layout, diketahui bahwa kedalaman yang dibutuhkan dalam perencanaan dermaga sedalam -15 mLWS , tetapi kedalaman dari perairan eksisting sekitar - 13 mLWS dimana kedalaman tersebut tidak mencukupi untuk keperluan perencanaan. Sehingga perlu dilakukan penambahan kedalaman atau menggeser lokasi dermaga ke laut yang lebih dalam agar kedalaman perairan memenuhi untuk bertambatnya kapal. Dalam hal ini, tidak dapat dilakukan penggeseran dermaga ke laut yang lebih dalam dikarenakan 375 m dari daratan merupakan lokasi alur pelayaran, maka alternatif yang dapat dilakukan adalah melakukan pengerukan disekitar area sedalam ± 2 m. Tanah pada area ini rata rata berjenis clayey silt, sehingga slope untuk pengerukan diambil 1:3 Area yang dikeruk dapat dilihat pada gambar 4.3.

“Halaman ini sengaja Dikosongkan”

BAB V

KRITERIA DESAIN

5.1. Peraturan yang Digunakan

Dalam melakukan perencanaan dermaga *Island Berth* pada tugas akhir ini, dibutuhkan suatu panduan dalam proses pengerjaannya, panduan yang digunakan antara lain :

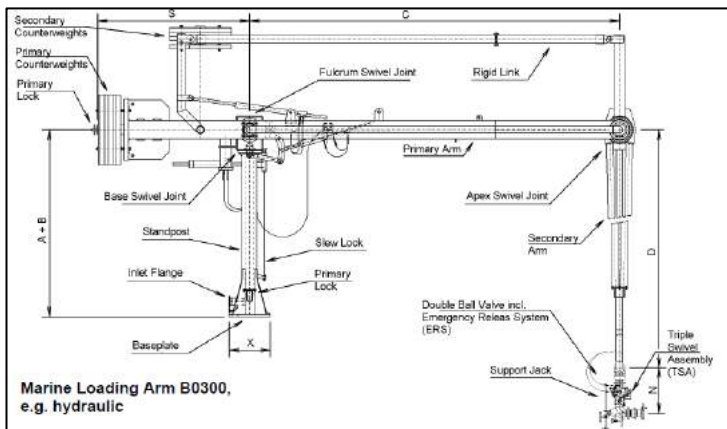
1. Harbour Approach Channels Design Guidelines PIANC (2014). Dipergunakan untuk menentukan ukuran kapal yang akan direncanakan.
2. Guidelines for the design of fenders systems PIANC (2002). Dipergunakan untuk perhitungan energi yang terjadi pada fender
3. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971). Dipergunakan untuk perhitungan detail penulangan pada poer, pelat dan balok
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia dengan Cara “n” (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan dengan memakai Perhitungan Lentur Cara “n” (Ir. Wiratman W.)
5. Port Designer’s Handbook: Recommendations and Guidelines (Carl A. Thoresen) dipergunakan untuk perhitungan loading platform, breasting dan mooring dolphin
6. SNI 03-1726-2012 Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung

5.2. Data Alat

5.2.1. Marine Loading Arm

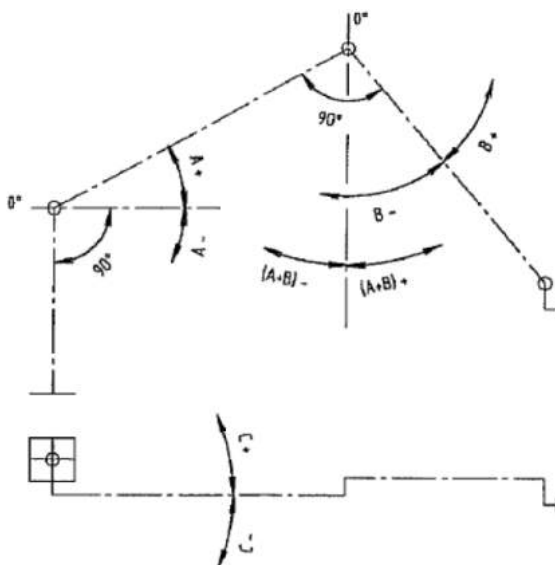
Marine Loading Arm berfungsi sebagai alat yang menyalurkan minyak jenis premium dari kilang menuju kapal. *Marine Loading Arm* yang digunakan adalah *Marine Loading Arm* dari Emco Wheaton dengan jenis B0030. *Marine loading arm* yang digunakan, memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Diameter pipa digunakan	: 12 inch
Volume aliran	: 2500 m ³ /jam
Berat alat	: 340 kN
Jumlah alat direncanakan	: 2 Alat MLA
Kapasitas kapal 85.000 DWT	: 133024,15 m ³
Waktu yang dibutuhkan untuk proses bongkar muat ,	
Kemampuan alat per jam	: 2500 m ³ /jam
Waktu	: 133024,15/5000
	: 26.6 jam~1.11 hari



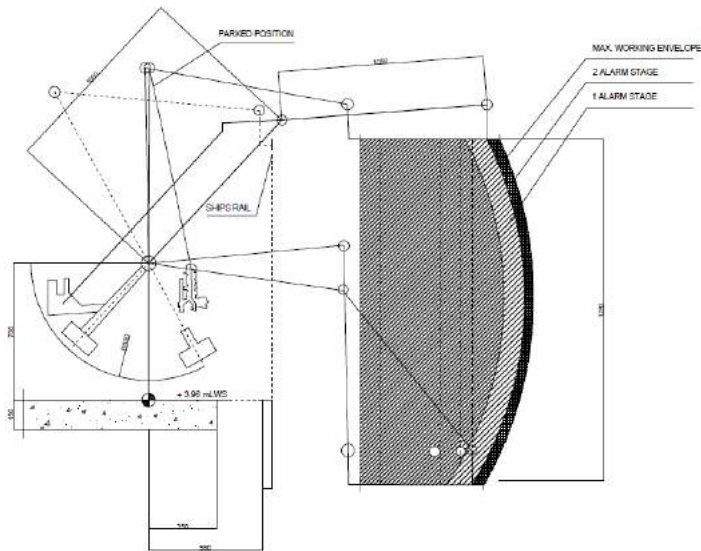
Size	Stand pos height	x	C	D	N	S	Flow Rate	Weight	Bending moment
inchi	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m ³ /h	kN	kNm
12	7000	1500	10500	10500	1040	6250	2500	157	340

Gambar 5.1 - Spesifikasi Marine Loading Arm
(Sumber : Emco Wheaton Brochure)



	A+	A-	B+	B-	C+	C-
Handling Envelope	120°	20°	50°	78°	45°	45°

Gambar 5.2 – Sudut Jangkauan Marine Loading Arm



Gambar 5.3 – Envelop Marine Loading Arm

Pemilihan tipe MLA juga didasarkan pada tinggi alat MLA yang berpengaruh pada elevasi loading platform. Tinggi alat MLA harus dapat memfasilitasi kapal 85.000 DWT saat kondisi surut dan juga kapal saat kondisi pasang. Melalui perbedaan Δ tinggi kapal + Δ pasang surut terkritis dapat dilihat kebutuhan tinggi alat, jika tinggi alat kurang memadai maka akan ditambahkan meja untuk menambahkan tinggi MLA.

Kondisi 1.

Tinggi kapal saat kosong (kapal 85.000 DWT) + Muka air pasang.

Tinggi kapal kondisi pasang dari HWS:

$$= ((\text{Depth kapal 85.000 DWT} + \text{tinggi Mainfold} + \text{beda pasut}) - \text{Draft minimum kapal kosong})$$

$$= (20,12 + 1 + 2.46) - 4 = 19,58 \text{ m}$$

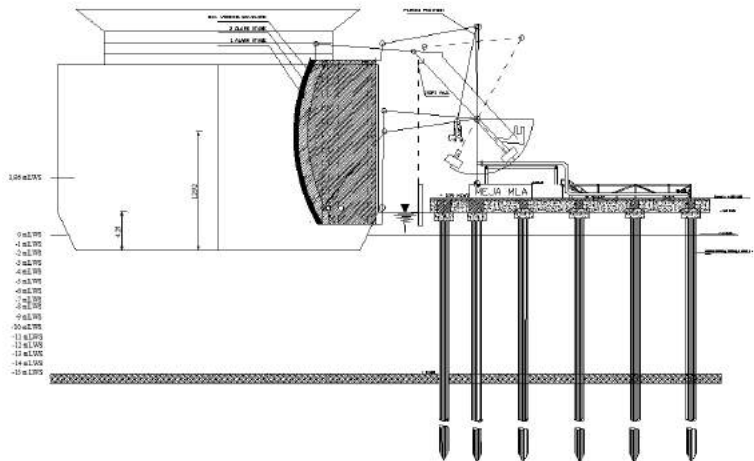
Titik jangkauan alat maksimum (titik tertinggi yang dapat dicapai) :

= Batas tinggi jangkauan alat (lihat Gambar 5.3)

= 18,5 m

Sehingga alat tidak dapat menjangkau kapal saat kondisi pasang dan kapal kosong. Untuk itu perlu ditambahkan meja setinggi 1,5 m. Sehingga jangkauan alat maksimum menjadi :

= $18\text{ m} + 1,5\text{ m} = 20\text{ m}$



Gambar 5.4 - Kondisi kapal bertambat saat kosong dan pasang

Kondisi 2.

Tinggi kapal saat penuh (kapal 85.000 DWT) + Muka air surut

Tinggi kapal kondisi surut dari LWS:

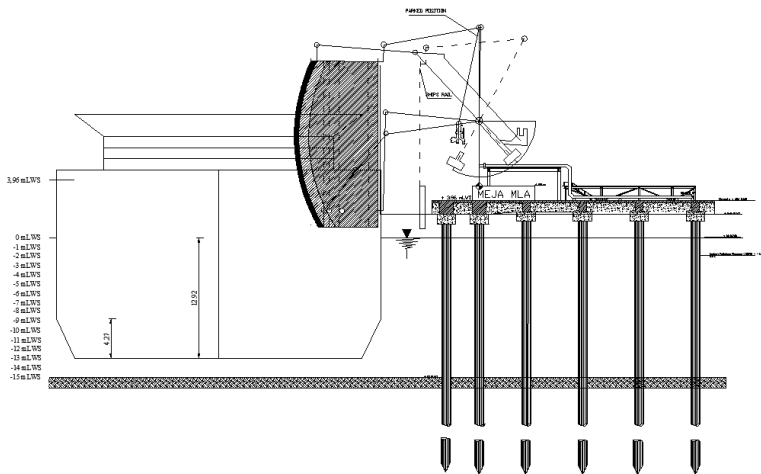
= (Depth kapal 85.000 DWT – Draft)

= $(20,12 - 12,92) = 7,2$

Titik jangkauan alat maksimum (titik terendah yang dapat dicapai):

= (Batas turunnya alat + meja MLA) (lihat Gambar5.3)
 = 5 - 2,5 = 2,5 m dari LWS.

Sehingga alat dapat menjangkau kapal saat kondisi surut dan kapal penuh. Untuk itu *Marine Loading Arm* dari Emco Wheaton dengan jenis B0030 dapat digunakan pada kondisi 1 maupun 2.



Gambar 5.5 - Kondisi kapal bertambat saat terisi penuh dan surut

5.2.2. Tower Gangway

Gangway (passenger Bridge) adalah alat yang digunakan oleh kru kapal maupun kru dermaga untuk masuk atau keluar dari kapal dan juga sebagai alat keselamatan dalam proses bongkar muat untuk. Dalam perencanaan dermaga ini, hanya digunakan satu buah Tower Gangway. *Tower Gangway* yang digunakan adalah *Tower Gangway* dari Lexxon Equipment dengan jenis LX02. Tower Gangway ini memiliki Spesifikasi *Lexxon Gangway Column (LX02)* sebagai berikut :



Spesifikasi Gangway	
Desain Beban	600 kg
Tekanan Angin max	250 N / m ²
Temperatur max.	45°
Kapal max.	100.000 DWT
Lebar tangga gangway	800 mm
Tinggi Gangway	20 m
Berat	27 ton
Umur	15 th

Gambar 5. 6 - Lexxon Gangway Column (LX02

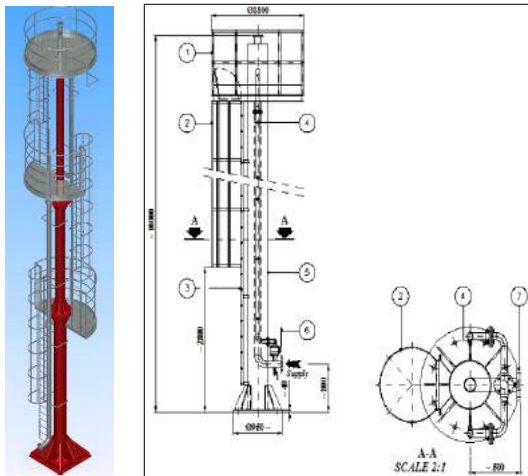
Sumber : www.lexxonco.com)

(

5.2.3. Fire Monitor Tower

Fire monitor tower berfungsi sebagai alat pemadam disaat terjadi kebakaran dalam proses bongkar muat di dermaga dan *fire monitor tower* ini dikendalikan secara otomatis yang dikendalikan dari jarak jauh oleh operator untuk menunjang keselamatan. Selain itu, Fire monitor Tower berfungsi untuk mengawasi kapal yang akan bersandar di area dermaga. Spesifikasi Fire Monitor Tower sebagai berikut :

- a. Berat alat = 1675 Kg
- b. Tinggi alat = 10 meter
- c. Diameter pipa = 6"
- d. Tekanan maksimum = 12 bar

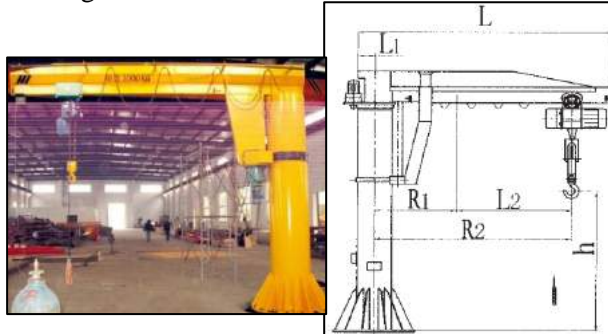


Gambar 5. 7 - Fire Monitor Tower

5.2.4. Jib Crane

Jib Crane berfungsi untuk mengambil peralatan dari kapal dan juga untuk mengangkat pipa – pipa

untuk dipasang pada *manifold* kapal. *Jib crane* yang digunakan adalah *jib crane electric slewing* pabrikan HNKs Crane co. ltd dengan spesifikasi sebagai berikut :



Spesifikasi Jib Crane	
Type	BZ25
lifting weight	5 ton
slew angel	360°
lifting height	4 m
Length	6.5 m
Width	3.7 m
Weight	4500 kg
max.swing rad	4 m

Gambar 5.8 - Fixed pillar rotatory arm crane
(*Sumber : Anson crane cataloge*)

5.3. Kualitas Bahan dan Material

5.3.1. Kualitas Bahan Beton

Dalam perencanaan dermaga *Island Berth* pada tugas akhir ini, digunakan mutu beton dengan kuat tekan karakteristik sebesar K-350. Dalam PBI 71, ketentuan mutu

beton dengan kondisi beton terpapar terhadap kelembaban dan sumber klorida eksternal dari bahan kimia, garam, air asin atau dari sumber – sumber lainnya adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan karakteristik beton $\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$
2. Modulus tekan untuk beban tetap $E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ (PBI 1971 pasal 11.11)
3. Tegangan tekan beton akibat lentur dan gaya normal $\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$ (PBI 1971 pasal 10.4.2)
4. Tebal selimut beton untuk plat yang berbatasan langsung dengan laut = 7,0 cm
5. Tebal selimut beton untuk beton yang berbatasan langsung dengan laut = 8,0 cm

5.3.2. Kualitas Bahan Baja Tulangan

Kualitas bahan baja tulangan pada tugas akhir ini direncanakan dengan mengacu pada PBI 1971 dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Baja tulangan yang digunakan adalah mutu baja U 32
2. Tegangan leleh karakteristik = 3200 kg/cm^2
3. Tegangan tarik yang diijinkan akibat beban $\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$ (PBI 1971 pasal 10.4.1)
4. Kekuatan tarik baja rencana $\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$ (PBI 1971 pasal 10.4.3)
5. Modulus elastisitas $E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

5.3.3. Tiang Pondasi

Pada konstruksi dermaga Island Berth ini digunakan pondasi tiang pancang. Terdapat dua beberapa alternatif tiang pancang yang dapat digunakan, yaitu :

a. Precast concrete pile

Kelebihan:

- Proses pembuatan tiang pancang dapat dilaksanakan di darat juga dapat dipesan melalui fabrikasi sehingga lebih praktis
- Lebih praktis digunakan untuk perancangan konstruksi di daerah onshore, design load besar dan lapisan keras tidak terlalu dalam.
- Biaya pemeliharaannya cukup murah.
- Memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi.
- Harga lebih murah

Kekurangan:

- Biasanya tiang pancang tidak terlalu panjang karena semakin panjang tiang pancang semakin sulit sistem pengerjaannya (pada saat pengangkatan).
- Terjadi kemungkinan ujung tiang pancang retak atau pecah pada pemancangan akibat tubukan dengan hammer. SPT biasanya dibawah 50 pukulan, kekuatan bahannya rendah.
- Biaya mobilisasi tiang pancang precast concrete pile cukup mahal karena dihitung berdasarkan berat.

b. Tiang pancang pipa baja (steel tube pile)

Kelebihan :

- Pelaksanaan lebih mudah dan kemungkinan kerusakan struktur tiang pancang akibat pengangkatan (lifting), pemindahan (mobilisasi) maupun retak di ujung tiang pada saat pemancangan menjadi lebih kecil karena steel tube pile ini memiliki elastisitas yang tinggi.
- Mempunyai berat yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan precast pile untuk dimensi yang sama sehingga kedalaman pancangan yang diperlukan untuk menahan

design load yang sama akan lebih kecil dibanding jika menggunakan precast pile

- Penyambungan antar tiang pancang pada saat pemancangan lebih mudah yaitu dengan pengelasan.
- Biaya transportasi lebih murah karena ditentukan melalui volume dan space.
- Nilai N-SPT maksimum yang dapat ditembus > 50 pukulan.

Kekurangan :

- Memiliki katahanan yang buruk terhadap korosi
- Biaya pemeliharaan mahal karena untuk mencegah terjadinya karat pada permukaan tiang harus dilakukan coating yaitu memberi lapisan anti karat pada permukaan tiang pancang, terutama pada bagian tiang pancang yang bersentuhan dengan air laut.
- Harga lebih mahal

Dengan memperhatikan faktor keuntungan dan kerugian, serta kedalaman seabed yang cukup dalam (lebih dari 10m) maka dipilih alternatif tiang pancang baja sebagai pondasi tiang pancang dermaga.

Tiang pancang baja JIS A 5525

Diameter = 1016 mm

Tebal = 19 mm

Luas penampang = 595,1 cm²

Berat = 345,9 kg / m

Momen Inersia = 740x10³ cm⁴

Section Modulus = 14600 cm³

Unit Weight = 467 kg/m

5.4. Pembebanan

5.4.1. Pembebanan Vertikal

1. Beban mati (beban sendiri)
 - a. Berat jenis beton bertulang (γ) = 2900 kg/m^3
 - b. Berat Jenis Baja Profil = 7850 kg/m
 - c. Berat plat = $0,4 \times 2900 = 1160 \text{ kg/cm}^2$
2. Beban Hidup
 - a. Beban merata akibat beban pangkalan = 3 t/m^2
 - b. Beban air hujan (5 cm) = $0,05 \times 1 \text{ t/m}^2 = 0,05 \text{ t/m}^2$
 - c. Beban hidup *catwalk* = 5 kpa (SNI T-02-2005)
3. Beban alat
 - a. Beban pipa yang melintasi *loading platform* dan *catwalk* dengan diameter 16 inchi. Berat pipa dia 12" Steel grade code API 5L C-1998 (0.039 t/m)
 - b. Beban fluida merupakan beban akibat minyak yang disalurkan melalui pipa. Beban fluida dihitung berdasarkan berat jenis minyak 800 Kg/m^3 . Maka beban fluida didalam pipa = Luasan dalam pipa $\times \gamma_{\text{minyak}} = \pi r^2 \times \gamma_{\text{minyak}} = 3.14 \times 0,1524^2 \times 800 = 58,343 \text{ kg/m} = 0,058 \text{ t/m}$
 - c. Beban Marine Loading Arm = 340 kN
 - d. Beban dari Tower Gangway = 27 ton
 - e. Beban dari Fire Monitor Tower = 1675 kg
 - f. Beban dari Jib Crane = 4500 kg

5.4.2. Pembebanan Horizontal

a. Gaya tumbukan fender akibat kapal

Perencanaan Fender

Untuk menentukan kebutuhan fender perlu memperhatikan beberapa aspek, yaitu : kecepatan kapal saat merapat dan ukuran kapal yang direncanakan dimana kecepatan ini akan berpengaruh pada besarnya energi kinetik yang akan diabsorpsi oleh fender dan dialirkan menjadi beban horizontal. Perlu di perhatikan pula pemilihan tipe fender yang tepat agar dapat melayani kapal yang bersandar dengan baik.

Beban Tumbukan dari Kapal

Adapun rumusan dalam menghitung energi kinetik mengacu pada brosur *Trelleborg marine fendering system*. Pada perencanaan dermaga Island Berth ini direncanakan dapat ditambati kapal oil tanker 85.000 DWT menggunakan breasting dolphin, sehingga untuk menentukan energi kinetik bertambat normal (E_N) digunakan rumusan :

DOLPHIN BERTHING

$$E_N = 0.5 \cdot M_D \cdot (V_B)^2 \cdot C_M \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_C$$

Dimana :

E_N = Energi kinetic bertambat normal (kNm)

M_D = *Displacement tonnage* (ton)

V = Kecepatan kapal bertambat (m/s)

C_M = *Virtual mass factor*

C_E = *Eccentricity factor*

C_C = *Berth configuration factor*

C_s = *Softness factor*

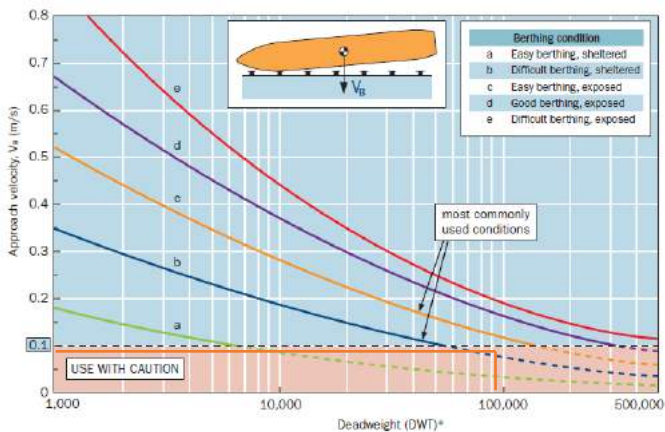
1. Menentukan M_D

Untuk menentukan M_D atau *displacement tonnage* dapat dilihat dari jenis kapal yang direncanakan. Kapal yang direncanakan adalah 85.000 DWT maka *displacement tonnage* dari kapal tersebut adalah 120.000 ton.

2. Menentukan V

Lokasi untuk perencanaan dermaga *Island Berth* ini berada pada perairan yang terlindung. Namun lokasi terletak pada alur pelayaran dengan lalu lintas yang cukup padat membuat kapal sulit bertambat. Dari **grafik 5.8** didapatkan kecepatan kapal untuk bertambat adalah 87 mm/s atau 0,086 m/s. Dalam merencanakan, kecepatan kapal bertambat < 0,1 m/s harus diperhatikan. Sehingga diambil kecepatan 0,1 m/s.

a	Easy berthing, sheltered
b	Difficult berthing, sheltered
c	Easy berthing, exposed
d	Good berthing, exposed
e	Difficult berthing, exposed



Gambar 5.9- Kecepatan Bertambat Kapal
(Sumber : Brosur Trelleborg)

DWT	Velocity, V_a (m/s)				
	a	b	c	d	e
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
2,000	0.151	0.296	0.445	0.577	0.726
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
4,000	0.125	0.250	0.374	0.487	0.597
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
20,000	0.074	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	0.064	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	0.057	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	0.052	0.110	0.164	0.221	0.258
100,000	0.039	0.083	0.126	0.171	0.201
200,000	0.028	0.062	0.095	0.131	0.158
300,000	0.022	0.052	0.080	0.111	0.137
400,000	0.019	0.045	0.071	0.099	0.124
500,000	0.017	0.041	0.064	0.090	0.115

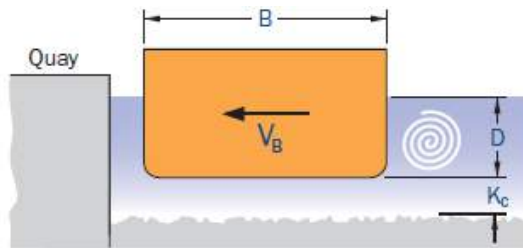
Tabel 5.1- Hubungan kecepatan bertambat kapal dan DWT

(Sumber : PIANC 2002)

3. Menentukan C_M

Menentukan nilai C_M berdasarkan PIANC (2002).

PIANC (2002)	
for $\frac{K_c}{D} \leq 0.1$	$C_M = 1.8$
for $0.1 \leq \frac{K_c}{D} \leq 0.5$	$C_M = 1.875 - 0.75 \left[\frac{K_c}{D} \right]$
for $\frac{K_c}{D} \geq 0.5$	$C_M = 1.5$



Gambar 5.10- Kondisi Kapal bertambat dengan draft maksimum
(*Sumber : Brosur Trelleborg*)

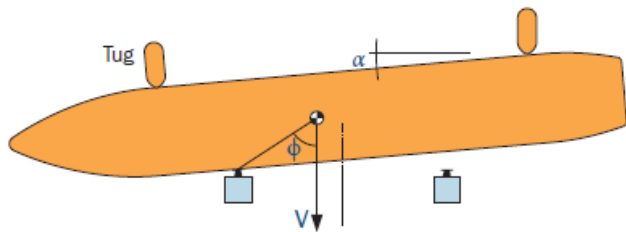
$$\frac{K_c}{D} = \frac{1,58}{12,92} = 0,122$$

$$C_M = 1,875 - 0,75 \cdot \frac{K_c}{D} = 1,875 - 0,75 \cdot 0,122 = 1,78$$

4. Menentukan C_E

Menentukan C_E menggunakan pendekatan dimana diasumsikan 1/3 energi kapal menumbuk fender, sehingga diambil nilai C_E sebesar 0,8

Dolphin berthing



Quarter-point berthing	$x = \frac{L_{BP}}{4}$	$C_E \approx 0.4-0.6$
Third-point berthing	$x = \frac{L_{BP}}{3}$	$C_E \approx 0.6-0.8$
Mid-ships berthing	$x = \frac{L_{BP}}{2}$	$C_E \approx 1.0$

5. Menentukan C_c
Untuk *berth configuration factor* $C_c = 1$ dipilih karena tipe konstruksi yang dipakai merupakan tipe struktur terbuka

$C_c = 1.0$	<ul style="list-style-type: none">Open structures including berth cornersBerthing angles $> 5^\circ$Very low berthing velocitiesLarge underkeel clearance
$C_c = 0.9$	<ul style="list-style-type: none">Solid quay structuresBerthing angles $> 5^\circ$

Gambar 5.11 – C_c berdsarkan Rekomendasi PIANC

6. Menentukan C_s

Nilai *softness coefficient* $C_s = 1$ dipilih karena deformasi pada saat badan kapal bertambat dianggap tidak ada. Berdasarkan rekomendasi PIANC, didapatkan

$$\begin{aligned} \text{for } \delta_f \leq 150\text{mm} &\Rightarrow C_s \approx 0.9 \\ \text{for } \delta_f > 150\text{mm} &\Rightarrow C_s = 1.0 \end{aligned}$$

7. Energi Kinetik pada Kondisi Normal

$$\begin{aligned} E_N &= 0.5 \times M_D \times V^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_s \\ &= 0.5 \times 120000 \times 0.1^2 \times 1.78 \times 0.8 \times 1 \\ &= 855.84 \text{ kNm} \end{aligned}$$

8. Energi Kinetik pada Kondisi Abnormal

Kondisi abnormal adalah dimana kondisi dimana pada saat energy kinetic normal terlampaui yang dapat menyebabkan kerusakan pada kapal. Kondisi seperti ini bisa terjadi akibat kesalahan manusia atau kondisi cuaca yang tidak baik. Sehingga untuk menghitung energi kinetik pada kondisi abnormal yaitu dengan mengalikan nilai energi kinetik normal dengan safety factor yang didapatkan dari PIANC 2002. Kapal tanker 85.000 DWT merupakan kapal tanker yang tergolong kapal besar, sehingga digunakan nilai FS 1,25. Adapun perumusan untuk kondisi abnormal adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_a &= E_N \times F_s \\
 &= 855,84 \times 1,25 \\
 &= 1068,9 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

PIANC Factors of Safety (F_s)		
Vessel type	Size	F_s
Tanker, bulk, cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General cargo		1.75
RoRo, ferries		≥ 2.0
Tugs, workboats, etc		2.0

Source: PIANC 2002; Table 4.2.5.

9. Pemilihan Tipe Fender

Fender yang dipilih didasarkan besar energi yang dapat diabsorbsi oleh fender tersebut (E_r) dan harus lebih besar dari energi tumbukan kapal (E_N) sebesar $1068,9 \text{ kNm}$. Pada perencanaan kali ini tipe fender yang digunakan adalah *Super Cone Fender* (SCN). Dari katalog fender tipe SCN dipilih fender tipe SCN 1400 E 1.2 dengan nilai $E_r = 1085 \text{ kNm} > E_N = 1069,8 \text{ kNm}$ dengan reaksi (R_r) = 1497 kNm , selain itu energi reaksi kapal juga harus diusahakan dapat diserap fender ketika kondisi fender berdeformasi. Berdasarkan perhitungan E_N diatas, data-data fender tipe SCN 1400 E 1.2 sebagai berikut :

Energi fender = 1085 kN.m

Reaksi fender = 1498 kN

Berat fender = 3105 kg

Berat frontlapad = $2,5 \times 4 \times 300$ (Medium Duty Panel

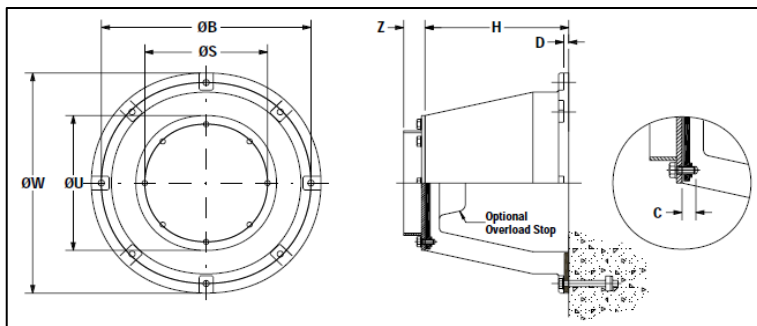
Trelleborg) = 3000 kg

Defleksi = 72%

Diameter = $2,24 \text{ m}$

		E0.9	E1.0	E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	E1.8	E1.9	E2.0
SCN 1300	E _{ri}	743	825	847	869	891	913	935	957	979	1001	1023	1045
	R _{ri}	1103	1225	1258	1291	1324	1357	1390	1423	1456	1489	1522	1555
SCN 1400	E _{ri}	927	1030	1058	1085	1113	1140	1168	1195	1223	1250	1278	1305
	R _{ri}	1278	1420	1459	1497	1536	1574	1613	1651	1690	1728	1767	1805
SCN 1600	E _{ri}	1382	1535	1577	1618	1660	1701	1743	1784	1826	1867	1909	1950
	R _{ri}	1670	1855	1905	1955	2005	2055	2105	2155	2205	2255	2305	2355
SCN 1800	E _{ri}	1967	2185	2244	2303	2362	2421	2480	2539	2598	2657	2716	2775
	R _{ri}	2115	2350	2413	2476	2539	2602	2665	2728	2791	2854	2917	2980
SCN 2000	E _{ri}	2700	3000	3080	3160	3240	3320	3400	3480	3560	3640	3720	3800
	R _{ri}	2610	2900	2978	3056	3134	3212	3290	3368	3446	3524	3602	3680

	H	ØW	V	ØU	C	D	ØB	ØS	Anchors/ Head bolts	Z _{min}	Weight
SCN 1300	1300	2080	-	1275	65-90	50-58	1900	1100	8 × M48	195	2455
SCN 1400	1400	2240	2180	1370	65-90	60-70	2040	1195	8 × M48	210	3105
SCN 1600	1600	2560	2390	1570	65-90	70-80	2335	1365	8 × M48	240	4645
SCN 1800	1800	2880	2700	1765	75-100	70-80	2625	1540	10 × M56	270	6618
SCN 2000	2000	3200	-	1955	80-105	90-105	2920	1710	10 × M56	300	9560



Gambar 5.12 - Spesifikasi fender
(sumber : Brosur Trelleborg)

Analisa Kebutuhan Rantai

Dalam pemasangan fender dan panel fender, perlu dianalisis kebutuhan penggunaan rantai pada fender tipe SCN. SCN atau super Cone Fenders dapat menahan Berbagai berat statik namun dalam batas tertentu. Pada tabel 5.2 berikut

merupakan acuan perhitungan beban frontal panel yang diizinkan sebelum tambahan rantai penguat dibutuhkan.

Tabel 5.2 - Acuan Perhitungan Beban Frontal Panel

SCN	Panel weight (kg)	
	Single or multiple horizontal ($n \geq 1$)	Multiple vertical ($n \geq 2$)
E1	$W_H \leq n \times 1.0 \times W$	$W_V \leq n \times 1.25 \times W$
E2	$W_H \leq n \times 1.3 \times W$	$W_V \leq n \times 1.625 \times W$
E3	$W_H \leq n \times 1.5 \times W$	$W_V \leq n \times 1.875 \times W$

Dimana :

WH = Berat Frontal Panel Fender

N = Jumlah SCN yang dipasang

W = Berat Fender

Dalam perencanaan, digunakan fender tipe SCN 1400 E 1.2, maka :

$$WH \leq n \times 1.0 \times W$$

$$3000 \leq 1 \times 1 \times 3105 \text{ kg}$$

$$3000 \leq 3105 \text{ kg}$$

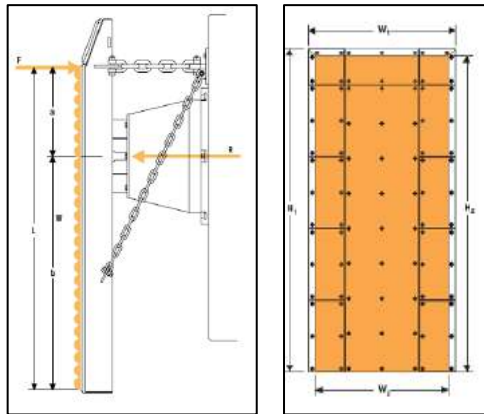
Maka, sebenarnya tidak perlu dipasang rantai. Namun, dalam perencanaan fender pada dermaga Island Berth ini digunakan rantai pada frontal panel. Hal ini bertujuan untuk menambah kekuatan struktur dan meningkatkan SF.

Aksesoris fender

Dalam pemasangan fender dengan tipe SCN , dibutuhkan beberapa aksesoris pendukung, antara lain :

a. Frontal Frame

Dalam merencanakan Fender SCN 1400 E 1.2, perlu dipasang panel/frontal frame (Gambar 5.13) untuk mengamankan badan kapal ketika menumbuk fender karena luas bidang sentuh fender SCN relatif kecil sehingga dikhawatirkan dapat merobek badan kapal.



Gambar 5.13 – Frontal Frame
(sumber : Brosur Trelleborg)

Kontrol kontak kapal dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

Dimana :

- P_p = tekanan kontak lambung kapal
- $\sum R$ = reaksi maksimum dari fender
- W = lebar panel
- H = tinggi panel
- P_p = tekanan kontak ijin (**Tabel 5.**)

Analisis perhitungan:

Direncanakan

$W = 2,5 \text{ m};$

$H = 4 \text{ m},$

Nlai Pp didapatkan dari Tabel 5....., maka :

$$P = \frac{1498}{2,5 \times 4} = 149.8 \text{ kN/m}^2 < 150 - 200 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan, dimensi panel fender 2,5x4 m memenuhi kriteria dimana tekanan kontak lambung kapal < dari nilai kontak ijin terhadap lambung kapal. Sehingga, panel fender berukuran 2,5x4 aman digunakan dalam perencanaan.

Tabel 5.3 –Tekanan kontak ijin Lambung Kapal

Vessel type	Size/class	Hull pressure (kN/m ²)
Container ships	< 1000 teu (1st/2nd generation)	< 400
	< 3000 teu (3rd generation)	< 300
	< 8000 teu (4th generation)	< 250
	> 8000 teu (5th/6th generation)	< 200
General cargo	≤ 20 000 DWT	400–700
	> 20 000 DWT	< 400
Oil tankers	≤ 20 000 DWT	< 250
	≤ 60 000 DWT	< 300
	> 60 000 DWT	150–200
Gas carriers	LNG/LPG	< 200
Bulk carriers		< 200
RoRo Passenger/cruise SWATH		Usually fitted with beltings (strakes)

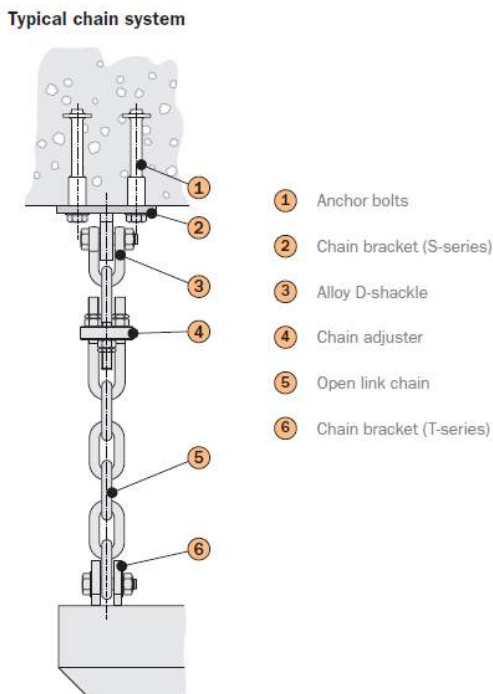
Source: PIANC 2002; Table 4.4.1

(Sumber : Katalog Trelleborg)

b. Chains (rantai)

Beberapa sistem fender perlu rantai untuk membantu mendukung berat komponen atau untuk mengontrol disaat fender benturan dan gaya hanging dari

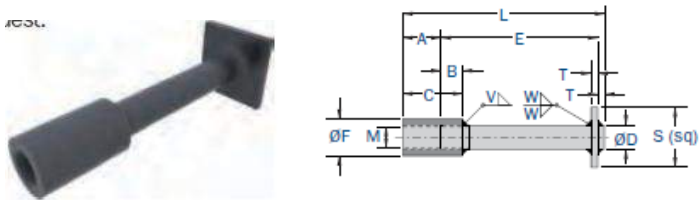
kapal.berikut ini tipe sistem rantai pada aksesoris fender (Lihat Gambar 5.14)



Gambar 5.14 - Tipe sistem fender
(Sumber : Brosur Trelleborg)

c. Anchor bolt

Aksesoris ini berfungsi sebagai mengaitkan fender dengan beton. Anchor bolt yang dipergunakan dalam perencanaan ini menggunakan NC3 Anchors yang memiliki soket berulir, ekor panjang dan jangkar piring persegi. Detail anchor bolt dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Tabel 5.11

**Gambar 5.15** - NC3 Anchors

(Sumber : Brosur Trelleborg)

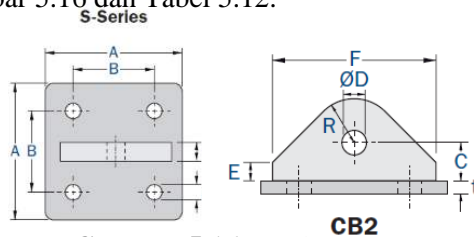
Tabel 5.4 - Spesifikasi NC3 Anchors

Thread	A	B	C	ØD	E	ØF	L	S(sq)	T	V	W	Weight
M20	40	20	60	20	150	30	200	60	10	5	8	0.9
M24	48	25	73	24	185	36	250	70	10	6	8	1.4
M30	60	35	95	30	200	45	270	80	10	6	8	2.3
M36	72	40	112	36	240	54	320	90	12	8	10	3.9
M42	84	50	134	42	270	63	360	110	12	10	10	6.2
M48	96	60	156	48	300	72	400	110	15	10	10	8.8
M56	112	70	182	56	340	84	550	120	15	12	12	13.2

(Sumber : Brosur Trelleborg)

d. Chain Bracket

Berfungsi sebagai pelat penghubung antara U anchors dan shackle. Spesifikasi bracket dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan Tabel 5.12.

**Gambar 5.16** Bracket

(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

Tabel 5.5 Spesifikasi bracket

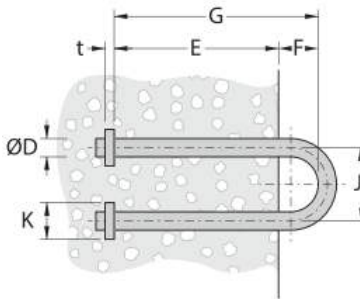
A	B	C	E		F	Ød	R	t	T	Single Lug		Twin Lug		Anchor
			CB1/CB3	CB2						Shackle	ØD	Bolt Pin	ØD	
190	110	40	20	75	160	24	40	15	30	19	28	M24×90	28	2/4×M20
220	130	45	20	90	190	24	50	15	30	22	28	M24×90	28	2/4×M20
250	150	50	25	100	210	28	55	20	40	25	36	M30×120	36	2/4×M24
280	160	60	25	115	240	28	65	20	40	28	36	M30×120	36	2/4×M24
320	190	65	35	130	270	36	75	25	45	32	42	M36×140	42	2/4×M30
350	210	70	35	140	300	36	80	25	50	35	42	M36×140	42	2/4×M30
380	220	80	35	155	320	42	85	30	50	38	50	M42×160	50	2/4×M36
420	250	85	40	170	360	42	95	30	60	42	50	M42×170	50	2/4×M36
440	260	90	40	180	360	50	100	30	60	44	60	M48×180	60	2/4×M42

[Units: mm, kN]

(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

e. U- Anchors

Berfungsi untuk mengaitkan bracket ke beton. Spesifikasi U-Anchors dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Tabel 5.13.

**Gambar 5.17** - U-Anchors

(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

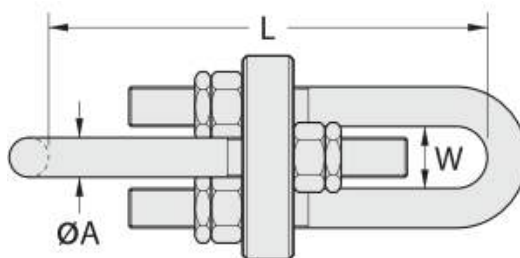
Tabel 5.16 Spesifikasi U-Anchors

øD	E	F	G	J	K	t	Weight	NBL
26	260	60	320	104	50	12	3.4	209
30	300	70	370	120	50	15	5.1	264
34	340	70	410	136	60	15	7.3	304
36	360	70	430	144	60	20	8.6	393
42	420	90	510	168	70	20	13.7	492
44	440	100	540	176	80	20	16.1	566
48	480	100	580	192	80	25	20.5	644
50	500	110	610	200	90	25	23.7	770
56	560	120	680	224	100	30	33.4	900
60	600	130	730	240	110	30	41.1	1010
66	660	140	800	264	120	35	54.8	1275
74	740	160	900	296	130	40	76.9	1570

(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

f. Chain tensioners

Berfungsi untuk mengunci open or stud link chain .
Spesifikasi chain tensioners dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Tabel 5.14.

**Gambar 5.18** - Chain tensioners

(Sumber : Brosur Trelleborg)

Tabel 5.7 - Spesifikasi Chain tensioners**Chain Tensioners**

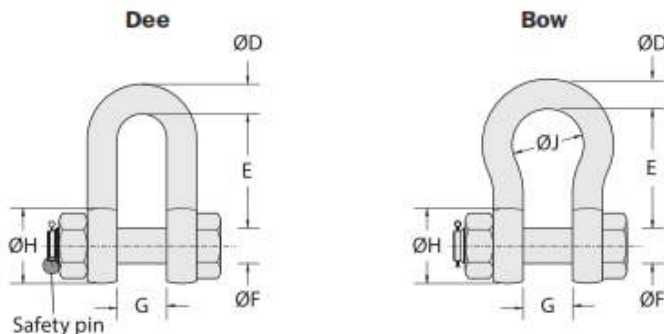
øA	B	W	L	Weight	NBL
24	160	60	270-350	9	360
30	200	76	340-420	17	560
36	230	90	400-500	27	800
42	270	106	470-600	44	1110
48	300	120	540-680	63	1440
56	350	140	620-800	96	1970
64	400	160	700-900	146	2570

[Units: mm, kg, kN]

(Sumber : Brosur Trelleborg)

g. Shackle

Berfungsi untuk menyambung atau mengaitkan chain dan chain tensioner. Spesifikasi dan gambar dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Tabel 5.15.

**Gambar 5.19** - High strength shackle

(Sumber : Brosur Trelleborg)

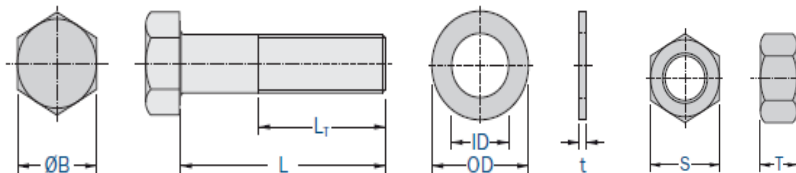
Tabel 5.8 - Spesifikasi High strength shackle

ØD	ØF	ØH	G	Dee shackle		Bow shackle			NBL
				E	Weight	E	ØJ	Weight	
13	16	26	22	43	0.4	51	32	0.4	120
16	19	32	27	51	0.7	64	43	0.8	195
19	22	38	31	59	1.1	76	51	1.3	285
22	25	44	36	73	1.5	83	58	1.9	390
25	28	50	43	85	2.6	95	68	2.8	510
28	32	56	47	90	3.3	108	75	3.8	570
32	35	64	51	94	4.7	115	83	5.3	720
35	38	70	57	115	6.2	133	95	7.0	810
38	42	76	60	127	7.6	146	99	8.8	1020
45	50	90	74	149	12.8	178	126	15.0	1500
50	57	100	83	171	18.2	197	138	20.7	2100
57	65	114	95	190	27.8	222	160	29.3	2550
65	70	130	105	203	35.1	254	180	41.0	3330
75	80	150	127	230	60.0	330	190	64.5	5100
89	95	178	146	267	93.0	381	238	110	7200
102	108	204	165	400	145	400	275	160	9000

[Units: mm, kg, kN]

*(Sumber : Brosur Trelleborg)***h. Bolts, Nuts and Washers**

Berfungsi sebagai pengeang dari anchors. Spesifikasi dan gambar dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Tabel 5.16.

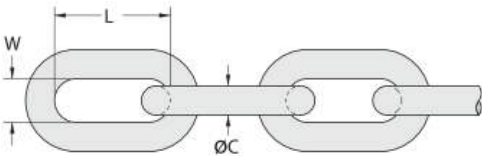
**Gambar 5.20 - Bolts, Nuts and Washers***(Sumber : Brosur Trelleborg)*

Tabel 5.9 - Spesifikasi Bolts, Nuts and Washers

	ISO 898 Galvanised		ISO 356 Stainless Steel*	
Bolt grade	4.6	8.8	A-50†	A-70†
Nut grade	4	8	A-50†	A-70†
Tensile strength (MPa)	400	800	500	700
0.2% yield stress (MPa)	240	640	210	450

(Sumber : Brosur Trelleborg)

- i. Open link chains
- Berfungsi sebagai menahan fender dari beban tumbukan kapal. Spesifikasi dan gambar dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Tabel 5.17.



Gambar 5.21 - Open link chains

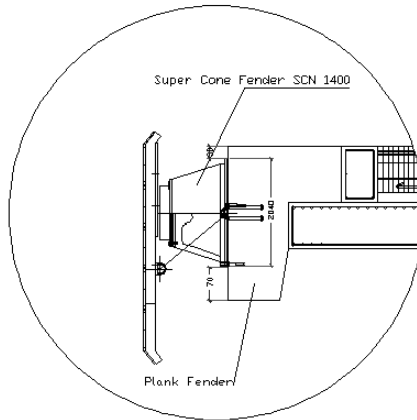
(Sumber : Fender system v1.1 trelleborg)

Tabel 5.10 Spesifikasi open link chains

øC	3.0D links			3.5D links			4.0D links			5.0D links			MBL	
	L	W	Weight	L	W	Weight	L	W	Weight	L	W	Weight	SL2	SL3
14	42	18	0.2	49	20	0.2	56	20	0.2	70	21	0.3	124	154
16	48	21	0.3	56	22	0.3	64	22	0.3	80	24	0.4	160	202
18	54	23	0.4	63	25	0.4	72	25	0.5	90	27	0.5	209	262
20	60	26	0.5	70	28	0.6	80	28	0.6	100	30	0.8	284	330
22	66	29	0.7	77	31	0.8	88	31	0.8	110	33	1.0	304	380
25	75	33	1.1	88	35	1.1	100	35	1.2	125	38	1.5	393	491
28	84	36	1.4	98	39	1.6	112	39	1.7	140	42	2.0	492	616
30	90	39	1.8	105	42	2.0	120	42	2.1	150	45	2.5	566	706
32	96	42	2.2	112	45	2.4	128	45	2.5	160	48	3.0	644	804
35	105	46	2.8	123	49	3.1	140	49	3.3	175	53	4.0	770	964
38	114	49	3.6	133	53	3.9	152	53	4.3	190	57	5.1	900	1130
40	120	52	4.2	140	56	4.6	160	56	5.0	200	60	6.0	1010	1260
45	135	59	6.0	158	63	6.6	180	63	7.1	225	68	8.5	1276	1600
50	150	65	8.2	175	70	8.9	200	70	9.7	250	75	11.6	1570	1960
55	165	72	10.9	193	77	11.0	220	77	12.0	275	82	15.5	1900	2390
60	180	78	14.2	210	84	15.4	240	84	16.8	300	90	20.1	2260	2770

[Units: mm, kg/link, kN]

(Sumber : Brosur Trelleborg)



Gambar 5.22. – Pemasangan Fender arah Vertikal

b. Kriteria Perencanaan Quick Release Hook (QRH)

1. Gaya Akibat Tarikan Kapal

Kapal yang direncanakan untuk bertambat pada dermaga ini memiliki kapasitas 85.000 DWT. Gaya tarik akibat kapal diambil sebesar Minimum Breaking Line (MBL) tali pada kapal yang ditinjau. Besaran minimum MBL pada berbagai jenis dan ukuran kapal dapat kita lihat pada (**Tabel 5.11**) berikut ini :

Tabel 5. 11 - Peraturan ISO mengenai jumlah, kekuatan winch dan tali pada kapal

Number of Winches	Nominal Size (tonnes)	Drum Load (Kn)	Holding Load (Kn)	Design Rope Diameter (mm)	MBL	Approximate Ship Size Range	
						Conventional Ships. Tankers, Bulk Carriers, etc.	Special Ships with Large Wind Area. Containers, RoRo, Passanger, etc.
4	12	120	310	26	378	8000	5000
4	16	160	470	32	573		
6	16	160	470	32	572	15000	8000
6	20	200	590	36	725	25000	12000
6	25	250	730	40	895	35000	20000
6	32	315	880	44	1080	50000	30000
6	40	400	1050	48	1290	65000	45000
6	50	500	1280	51	1590	80000	60000
6	64	640	1560	57	1980	110000	85000
6	80	800	1940	64	2420	150000	120000
6	100	1000	2430	77	3400	210000	
						300000	

(Sumber : *Advance in Berthing and Mooring of Ships and Offshore Structures, 1988*)

Dari **Tabel 5.11** didapat MBL sebesar 1590 kN, sesuai dengan perencanaan Mooring Dolphin sebanyak 6 buah sehingga kapal dianggap mempunyai 6 winch. Jika MBL telah didapatkan maka perlu dicari besaran dari Safe Working Load (SWL) yang besarnya 55% dari MBL, dan Proof Load (PL) yang besarnya 1.5 SWL. Dengan mendapatkan nilai SWL maka kita dapat menentukan tarikan maksimum yang dihasilkan dari kapal. Penambahan angka safety factor untuk tali dengan nilai 1.3, maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MBL} &= 1590 \text{ kN} \\
 &= 159 \text{ t} \\
 \text{SWL} &= 55\% \cdot \text{MBL} \\
 &= 55\% \times 159 \\
 &= 874,5 \text{ kN} \\
 &= 87,45 \text{ t} \\
 \text{PL} &= 1,3 \cdot 1,5 \cdot \text{SWL} \\
 &= 1,3 \times 1,5 \times 874,5 \\
 &= 1705,275 \text{ kN} \\
 &= 170,6275 \text{ t}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Akibat Tarikan Arus

Dalam perhitungan gaya akibat arus digunakan kecepatan arus dari hasil analisis yaitu sebesar 0,00 m/s - 0,10 m/s dimana arus tersebut mengarah ke arah timur (E) dan barat (W). Dalam penentuan gaya tarikan kapal digunakan perumusan dari OCDI (2002) equation 2.2.16 dan 2.2.17 sebagai berikut :

$$R_f = 0,0014 \times S \times V_x^2 \text{ (untuk searah dengan kapal)}$$

$$R = 0.5 \cdot \rho_0 \cdot C \cdot V_y^2 \cdot B \text{ (tegak lurus dengan kapal)}$$

Dimana :

R_f = Beban tambat akibat arah arus sejajar dengan kapal (kN)

R = Beban tambat akibat arah arus tegak lurus dengan kapal (kN)

S = Luasan kapal yang tenggelam dalam keadaan penuh (m^2)

$$= 0,85 \times \text{panjang seluruh kapal (Loa)} \times \text{lebar kapal (B)}$$

$$= 0,85 \times 242 \times 35,4 = 7281,78 \approx 7282 \text{ m}^2$$

V_x = Kecepatan arus sejajar pantai (m/s) = 0,10 m/s

V_y = Kecepatan arus tegak lurus pantai (m/s) = 0,10 m/s

ρ_0 = Massa jenis air laut (t/m³) = 1,03 t/m³

C = Koefisien tekanan arus = 2

B = proyeksi luas lambung kapal dibawah permukaan air (m²)

= Lbp x *draft* kapal

= 230 x 12,92 = 2972 m²

Maka ,

$$R_f = 0,0014 \times S \times V_x^2$$

$$R_f = 0,0014 \times 7282 \times 0,1^2 = 0,102 \text{ kN}$$

$$R = 0,5 \cdot \rho_0 \cdot C \cdot V_y^2 \cdot B$$

$$R = 0,5 \times 1,03 \times 2 \times 0,1^2 \cdot 2972 = 30,62 \text{ kN}$$

3. Gaya Akibat Tarikan Angin

Untuk perhitungan gaya akibat tarikan angin digunakan kecepatan angin dari hasil analisis. Kecepatan angin yang dominan adalah 8 – 16 knots sehingga digunakan kecepatan sebesar 16 knots atau 8,213 m/s dengan arah dominan ke arah barat Laut, utara, dan timur laut. Untuk penentuan gaya tarikan akibat angin menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$R_x = 0,5 \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_T \cdot C_X \text{ (searah dengan kapal)}$$

$$R_Y = 0,5 \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_L \cdot C_Y \text{ (tegak lurus dengan kapal)}$$

Dimana :

ρ_a = Massa jenis angin , $1,23 \times 10^{-3}$ (t/m³)

U = Kecepatan angin (m/s)

A_T = Luas permukaan kapal di atas permukaan air arah memanjang(m²)

= Lebar kapal (*beam*) x freeboard kapal

= $35,4 \times 7,2 = 254,88$ m²

A_L = Luas permukaan kapal di atas permukaan air arah melintang (m²)

= panjang seluruh kapal (Loa) x freeboard kapal

= $242 \times 7,2 = 1742,4$ m²

C_X = Koefisien gesek arah memanjang = 0,5

C_Y = Koefisien gesek arah melintang = 1,3

Maka,

$$R_x = 0,5 \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_T \cdot C_X$$

$$R_x = 0,5 \times 1,23 \times 10^{-3} \times 3,08^2 \times 254,88 \times 0,5 = 0,744 \text{ kN}$$

$$R_y = 0,5 \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_L \cdot C_Y$$

$$R_y = 0,5 \times 1,23 \times 10^{-3} \times 3,08^2 \times 1742,4 \times 1,3 = 13,215 \text{ kN}$$

4. Gaya Tarik yang Menentukan

Dari perhitungan gaya tarik yang terjadi akibat angin, arus, dan kapal, dipilih gaya tarik terbesar yang menentukan, yaitu:

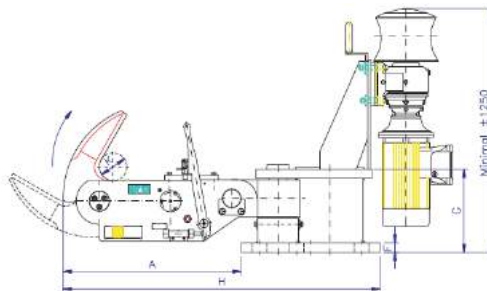
- Gaya tarik akibat kapal
 - MBL = 1590 kN
 - SWL = 874,5 kN
 - PL = 1705,275 kN
- Gaya tarik arah memanjang = 0,846 kN
- Gaya tarik arah melintang = 43,835 kN

Sehingga gaya tarik bollard yang digunakan adalah gaya tarik akibat kapal. untuk distribusi gaya bollard yang

direncanakan, beban pada masing – masing Bollard adalah $1705,275 \text{ kN} = 170,5275 \text{ ton}$.

5. Pemilihan Tipe Bollard

Bollard yang dipilih harus mampu menahan beban akibat tarikan dari kapal, angin dan juga arus sebesar $1705,275 \text{ kN}$. Dalam merencanakan bollard pada konstruksi dermaga Island Berth ini digunakan bollard tipe Quick Release dengan double hooks. Quick Release Hooks ini digunakan dengan tujuan apabila terjadi kecelakaan pada kapal, kapal dapat segera lepas dari tempat bertambat secara cepat karena QRH ini dikendalikan menggunakan remote kontrol. Sehingga kecelakaan tersebut tidak mempengaruhi areal pelabuhan. Gambar 5.21 menunjukkan spesifikasi QRH :



Gambar 5.21 - Spesifikasi Quick Release Hook
(Sumber : Mampaey *QRH Catalogue*)

Digunakan QRH double hook produk Mampaey dengan type MHC.000.100.402 dengan kemampuan $\text{SWL } 1000 \text{ kN} > 874,5 \text{ kN}$, dan kemampuan $\text{PL } 2000 \text{ kN} > 1705,275 \text{ kN}$. Tabel mengenai jenis dan kemampuan serta dimensi QRH dapat kita lihat pada **Tabel 5.12**

Tabel 5. 12 - Type, kemampuan, dan dimensi QRH Mampaey

Type	Dimensions in millimeters															
MHC	S.W.L	Cap.	Wt.	A	B	BB	C	D	E	EE	F	G	H	K	R	X
040.402	400	800	491	583	650	700	260	54	235	260	35	370	1233	96	90	6xM48
060.402	600	1200	878	788	750	780	290	62	275	290	45	407	1536	130	100	6xM56
075.402	750	1500	1049	888	750	850	325	70	275	325	45	417	1638	130	100	6xM64
100.402	1000	2000	1439	959	750	925	363	78	275	363	50	447	1709	150	100	6xM72
125.402	1250	2500	1602	1030	750	925	363	86	275	363	55	479	1780	150	100	6xM80
150.402	1500	3000	2332	1210	750	1000	400	86	275	400	55	499	1960	150	100	7xM80

(Sumber : Mampaey QRH Catalogue)

- c. Beban gempa yang digunakan berasal dari pusat penelitian dan pengembangan pemukiman kementerian Pekerjaan Umum untuk daerah Kota Bontang.

Tabel 5.13- hasil analisis lokasi gempa Kota Bontang

SS (g)	S1 (g)	CRS	CR1	FPGA	FA	FV
0.199	0.118	1.027	1.337	1	1	1
PSA (g)	SMS (g)	SM1 (g)	SDS (g)	SD1 (g)	T0 (detik)	TS (detik)
0.086	0.199	0.118	0.133	0.079	0.119	0.593

(Sumber : puskim.pu.go.id)

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR

6.1. Umum

Dalam perencanaan struktur dilakukan perhitungan terhadap struktur pelat dan balok dari setiap bagian dermaga dengan tahapan sebagai berikut :

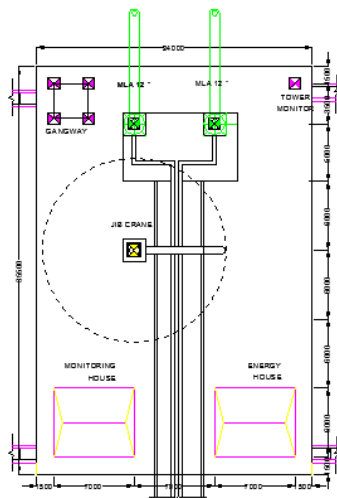
- Perencanaan Pelat
- Perencanaan Balok
- Perencanaan Pile Cap
- Perencanaan Pondasi

6.2. Perencanaan Loading Platform

Dalam tugas akhir perencanaan dermaga Island Berth ini, Loading Platform direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Jenis Struktur	: Open Pier
Struktur Atas	: Pelat Balok Poer
Struktur Bawah	: Tiang Pancang Baja
Dimensi	: 35,5 m x 24 m
Decking	: 8 cm
Diameter Pancang	: 1016 mm

Dari spesifikasi tersebut, dibuat perencanaan layout loading platform. Sebelum dilakukan perencanaan layout struktur terlebih dahulu dilakukan perencanaan layout peralatan dan fasilitas yang berada diatas loading platform. Perencanaan layout alat dan fasilitas inilah yang akan menjadi acuan dalam menentukan layout struktur. Layout rencana alat dan fasilitas loading platform dapat dilihat pada Gambar 6.1.1, sementara layout rencana struktur pelat dan pembalokan dapat dilihat pada Gambar 6.9.



Gambar 6.1.1 – Layout Rencana alat dan fasilitas Loading Platform

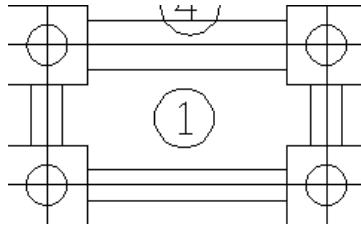
6.2.1. Perencanaan Pelat

6.2.1.1. Tipe Pelat

Terdapat 8 tipe pelat pada loading platform yang dapat dilihat pada **Gambar 6.1.2 - 6.1.9**. Dengan ukuran pelat sebagai berikut :

- Pelat 1

Ukuran balok	: $b = 75 \text{ cm}$; $h = 90 \text{ cm}$
Ukuran pelat	: $t = 30 \text{ cm}$
	$l_y = 700 - 75 = 625 \text{ cm}$
	$l_x = 350 - 75 = 275 \text{ cm}$
	$l_y/l_x = 625/275 = 2,3$



Gambar 6. 1.2 – Tipe Pelat 1 Loading Platform

Keempat tepi pelat dianggap terjepit elastis, karena pelat merupakan kesatuan monolit terhadap balok pemikul yang relatif tidak kaku dan memungkinkan dapat berputar pada tumpuan tersebut.

- Pelat 2

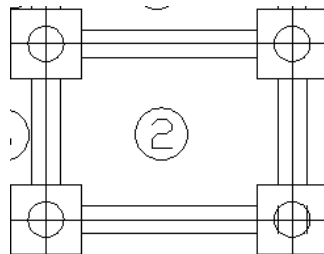
Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 75 \text{ cm}$

Ukuran pelat : $t = 30 \text{ cm}$

$$l_y = 700 - 75 = 625 \text{ cm}$$

$$l_x = 500 - 75 = 425 \text{ cm}$$

$$l_y/l_x = 625/425 = 1,5$$



Gambar 6. 1.3 – Tipe Pelat 2 Loading Platform

Keempat tepi pelat dianggap terjepit elastis, karena pelat merupakan kesatuan monolit terhadap balok pemikul yang relatif tidak kaku dan memungkinkan dapat berputar pada tumpuan tersebut.

- Pelat 3

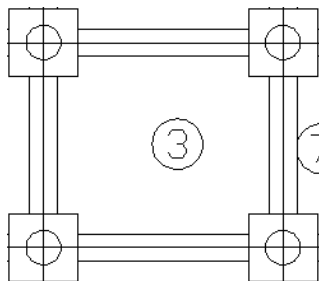
Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 75 \text{ cm}$

Ukuran pelat : $t = 30 \text{ cm}$

$$l_y = 700 - 75 = 625 \text{ cm}$$

$$l_x = 600 - 75 = 525 \text{ cm}$$

$$l_y/l_x = 625/525 = 1,2$$



Gambar 6. 1.4 – Tipe Pelat 3 Loading Platform

Keempat tepi pelat dianggap terjepit elastis, karena pelat merupakan kesatuan monolit terhadap balok pemikul yang relatif tidak kaku dan memungkinkan dapat berputar pada tumpuan tersebut.

- Pelat 4

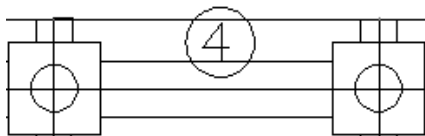
Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 975 \text{ cm}$

Ukuran pelat : $t = 30 \text{ cm}$

$$l_y = 700 - 75 = 625 \text{ cm}$$

$$l_x = 150 - 75 = 112,5 \text{ cm}$$

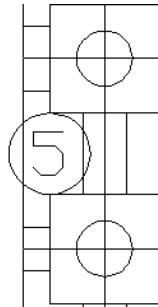
$$l_y/l_x = 625/112,5 = 5,56$$



Gambar 6. 1.5 – Tipe Pelat 4 loading Platform

Pada tepi 1 dianggap terletak bebas karena tidak ada balok sebagai tumpuan, sedangkan pada tepi 2,3, dan 4 dianggap terjepit elastis.

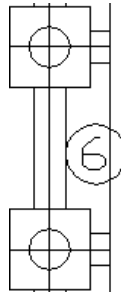
- Pelat 5
 - Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 75 \text{ cm}$
 - Ukuran pelat : $t = 30 \text{ cm}$
 - $l_y = 350 - 75 = 275 \text{ cm}$
 - $l_x = 150 - 37,5 = 112,5 \text{ cm}$
 - $l_y/l_x = 275/112,5 = 2,4$



Gambar 6. 1.6 – Tipe Pelat 5 Loading Platform

Pada tepi 1 dianggap terletak bebas karena tidak ada balok sebagai tumpuan, sedangkan pada tepi 2,3, dan 4 dianggap terjepit elastis.

- Pelat 6
 - Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 75 \text{ cm}$
 - Ukuran pelat : $t = 30 \text{ cm}$
 - $l_y = 500 - 75 = 425 \text{ cm}$
 - $l_x = 150 - 37,5 = 112,5 \text{ cm}$
 - $l_y/l_x = 425/112,5 = 3,8$



Gambar 6.1.7 – Tipe Pelat 6 Loading Platform

Pada tepi 1 dianggap terletak bebas karena tidak ada balok sebagai tumpuan, sedangkan pada tepi 2,3, dan 4 dianggap terjepit elastis.

- Pelat 7

Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 75 \text{ cm}$

Ukuran pelat : $t = 30 \text{ cm}$

$$l_y = 700 - 75 = 425 \text{ cm}$$

$$l_x = 150 - 40 = 112,5 \text{ cm}$$

$$l_y/l_x = 420/110 = 4,7$$



Gambar 6.1.8 – Tipe Pelat 7 Loading Platform

Pada tepi 1 dianggap terletak bebas karena tidak ada balok sebagai tumpuan, sedangkan pada tepi 2,3, dan 4 dianggap terjepit elastis.

- Pelat 8

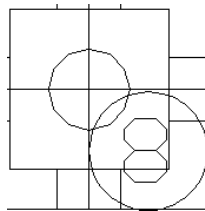
Ukuran balok : $b = 75 \text{ cm}$; $h = 75 \text{ cm}$

Ukuran pelat : $t = 3 \text{ cm}$

$$l_y = 150 - 37,5 = 112,5 \text{ cm}$$

$$l_x = 150 - 37,5 = 112,5 \text{ cm}$$

$$l_y/l_x = 110/112,5 = 1$$



Gambar 6.1.9 – Tipe Pelat 8 Loading Platform

Pada tepi 1 dan 2 dianggap terletak bebas karena tidak ada balok sebagai tumpuan, sedangkan pada tepi 3, dan 4 dianggap terjepit elastis.

6.2.1.2. Pembebanan

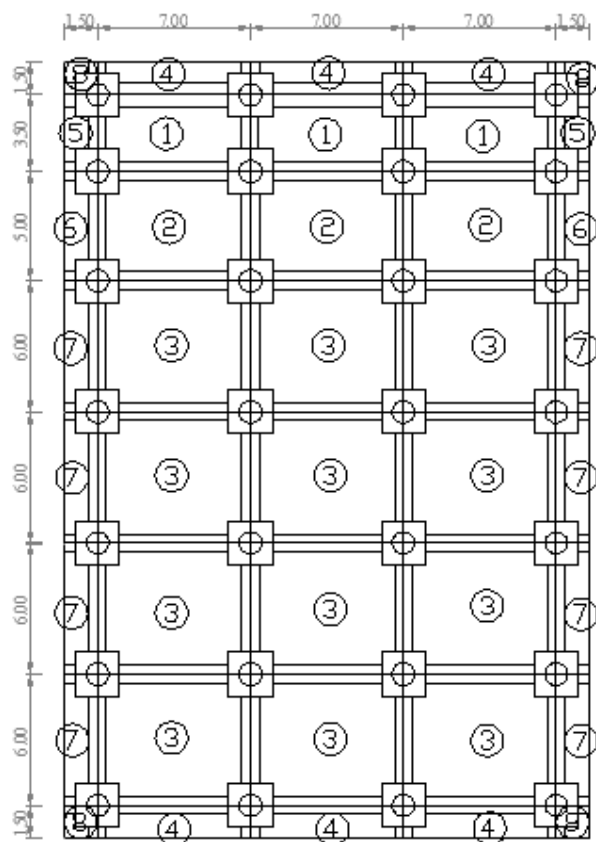
Dalam perencanaan loading platform dipakai beban vertical, beban horizontal, dan beban gempa sebagai berikut:

1. Beban Mati Terbagi Rata
Berat balok sendiri $= 2,9 \text{ t/m}^3$
2. Beban Hidup
Beban pangkalan dan beban hujan $= 3.05 \text{ t/m}^3$
3. Beban Terpusat vertikal
Berat Marine Loading Arm $= 34 \text{ ton}$
Berat Tower Gangway $= 27 \text{ ton}$
Berat Fire Monitor Tower $= 0,1675 \text{ ton}$

Berat Jib Crane	= 4,5 ton
Berat pipa dan muatan	= 3,32 ton
Berat Catwalk 1	= 15,8 ton
Berat Catwalk 2	= 22,226 ton

4. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spectrum menurut SNI 03-1726-2012 untuk daerah Bontang dengan kondisi tanah sedang.



Gambar 6.1.10 – Letak Jenis Pelat pada Loading Platform

Tabel 6. 1.1 – Momen Pada Pelat

Tabel 13.3.2

Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya
akibat beban terbagi rata

		l_y/l_x	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	$>2,5$
I		$(M_{lx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
II		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
III		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
IVA		$(M_{lx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
IVB		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
VA		$(M_{lx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
VB		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	25
VIA		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54
VIB		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19
VIB		$(M_{lx}) = - (M_{tx}) = 0,001 q l^2 X$ $(M_{ly}) = 0,001 q l^2 X$ $- (M_{ty}) = 0,001 q l^2 X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
			38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	38

Terdapat bebas

Memerang atau terjerap elastis

— = Terikat bebas
 = Menerus atau terjepit elastis

(sumber : Peraturan Beton Indonesia, 1971)

6.2.1.3. Perhitungan Momen

6.2.1.3.1. Momen akibat QD dan QL

Momen yang terjadi pada pelat mempunyai dua jenis dan dua arah. Yaitu momen tumpuan dan momen lapangan yang terjadi pada arah x dan arah y dari pelat. Pelat sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Perhitungan momen mengacu kepada PBI 1971.

Menentukan beban ultimate

Beban ultimate adalah kombinasi beban yang terdiri dari beban mati dan beban hidup. Adapun beban ultimate pada pelat adalah sebagai berikut :

$$Qu = QD + QL$$

Dimana,

Qu : beban ultimate (ton/m²)

QD : beban mati akibat berat sendiri

QL : beban hidup

Maka,

$$QD = 870 \text{ kg/m}^2$$

$$QL = 3050 \text{ kg/m}^2$$

Pelat Tipe 1

Berikut adalah spesifikasi dari pelat A :

$$ly = 700 - 75 = 625 \text{ cm}$$

$$lx = 350 - 75 = 275 \text{ cm}$$

$$ly/lx = 620/260 = 2,3 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Jenis tumpuan = II (**Tabel 6.1**)

Berdasarkan PBI 1971 perhitungan momen pada pelat tipe 1 adalah sebagai berikut :

$$Mlx = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 63)$$

$$Mly = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 63)$$

$$Mtx = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 34)$$

$$Mty = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 34)$$

Dimana,

Mlx : momen lapangan arah x (kgm)

Mly : momen lapangan arah y (kgm)

Mtx : momen tumpuan arah x (kgm)

Mty : momen tumpuan arah y (kgm)

Qu : beban ultimate = 3050 kg/m^2

lx : panjang bentang arah x = 2,75 m

Maka,

Momen lapangan

$$Mlx = -1798,552 \text{ kgm}$$

$$Mly = 970,647 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$Mtx = -1798,552 \text{ kgm}$$

$$Mty = -970,647 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 2

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 2 :

$$ly = 700 - 75 = 625 \text{ cm}$$

$$lx = 500 - 75 = 425 \text{ cm}$$

$$ly/lx = 620/420 = 1,5 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Jenis tumpuan = II

Perhitungan momen pada pelat tipe 2 adalah sebagai berikut :

$$Mlx = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 56)$$

$$Mly = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 56)$$

$$Mtx = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 37)$$

$$Mty = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 37)$$

Maka,

Momen lapangan

$$Mlx = -3818,413 \text{ kgm}$$

$$Mly = -2522,88 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$Mtx = -3818,413 \text{ kgm}$$

$$Mty = 2522,88 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 3

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 3 :

$$ly = 625 \text{ cm} = 6,25 \text{ m}$$

$$lx = 525 \text{ cm} = 5,25 \text{ m}$$

$$ly/lx = 1,2 > 2,5 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\text{Jenis tumpuan} = \text{II}$$

Perhitungan momen pada pelat tipe 3 adalah sebagai berikut :

$$Mlx = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 54)$$

$$Mly = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 38)$$

$$Mtx = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 54)$$

$$Mty = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 38)$$

Maka,

Momen lapangan

$$Mlx = -4786,228 \text{ kgm}$$

$$Mly = 3953,841 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$Mtx = -5618,616 \text{ kgm}$$

$$Mty = -6783,795 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 4

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 4 :

$$ly = 625 \text{ cm} = 6,25 \text{ m}$$

$$lx = 113 \text{ cm} = 1,13 \text{ m}$$

$$ly/lx = 5,56 > 2,5 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\text{Jenis tumpuan} = \text{VIB}$$

Perhitungan momen pada pelat tipe 4 adalah sebagai berikut :

$$Mlx = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 54)$$

$$Mtx = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 54)$$

Maka,

Momen lapangan

$$Mlx = -257,998 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$Mtx = -257,998 \text{ kgm}$$

Penambahan momen

$$Mlx = 0,2 \text{ Mly} = 0,2 \times 166,181 = 33,2362 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0,6 \text{ Mly} = -0,6 \times 592,9 = -355,74 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 5

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 5 :

$$ly = 425 \text{ cm} = 4,25 \text{ m}$$

$$lx = 110 \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$$

$$ly/lx = 3,7 > 2,5 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\text{Jenis tumpuan} = \text{VIB}$$

Perhitungan momen pada pelat tipe 5 adalah sebagai berikut :

$$Mlx = +0,001 (Qu \times lx^2 \times 63)$$

$$Mtx = -0,001 (Qu \times lx^2 \times 125)$$

Maka,

Momen lapangan

$$Mlx = +166,181 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$Mtx = -592,9 \text{ kgm}$$

Penambahan momen

$$Mlx = 0,2 \text{ Mly} = 0,2 \times 166,181 = 33,2362 \text{ kgm}$$

$$Mtx = -0,6 \text{ Mly} = -0,6 \times 592,9 = -355,74 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 6

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 6 :

$$l_y = 420 \text{ cm} = 4,2 \text{ m}$$

$$l_x = 110 \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$$

$$l_y/l_x = 3,8 > 2,5 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\text{Jenis tumpuan} = \text{VIB}$$

Perhitungan momen pada pelat tipe 5 adalah sebagai berikut :

$$M_{lx} = +0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 63)$$

$$M_{tx} = -0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 125)$$

Maka,

Momen lapangan

$$M_{lx} = +166,181 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -592,9 \text{ kgm}$$

Penambahan momen

$$M_{lx} = 0,2 \text{ Mly} = 0,2 \times 166,181 = 33,2362 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,6 \text{ Mly} = -0,6 \times 592,9 = -355,74 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 7

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 7 :

$$l_y = 520 \text{ cm} = 6,2 \text{ m}$$

$$l_x = 110 \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$$

$$l_y/l_x = 5,6 > 2,5 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\text{Jenis tumpuan} = \text{VIB}$$

Perhitungan momen pada pelat tipe 7 adalah sebagai berikut :

$$M_{lx} = +0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 63)$$

$$M_{tx} = -0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 125)$$

Maka,

Momen lapangan

$$M_{lx} = +322,538 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -322,538 \text{ kgm}$$

Penambahan momen

$$M_{lx} = 0,2 \text{ Mly} = 0,2 \times 322,538 = 64,5076 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,6 \text{ Mly} = -0,6 \times 322,538 = -193,523 \text{ kgm}$$

Pelat Tipe 8

Berikut adalah spesifikasi dari pelat 8 :

$$l_y = 110 \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$$

$$l_x = 110 \text{ cm} = 1,1 \text{ m}$$

$$l_y/l_x = 1 < 2,5 \text{ (pelat dua arah)}$$

Jenis tumpuan = II (**Tabel 6.1**)

Berdasarkan PBI 1971 perhitungan momen pada pelat tipe 1 adalah sebagai berikut :

$$M_{lx} = +0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 42)$$

$$M_{ly} = +0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 17)$$

$$M_{tx} = -0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 83)$$

$$M_{ty} = -0,001 (Q_u \times l_x^2 \times 57)$$

Dimana,

M_{lx} : momen lapangan arah x (kgm)

M_{ly} : momen lapangan arah y (kgm)

M_{tx} : momen tumpuan arah x (kgm)

M_{ty} : momen tumpuan arah y (kgm)

Q_u : beban ultimate

l_x : panjang bentang arah

Maka,

Momen lapangan

$$M_{lx} = 322,538 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 322,538 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

Mtx = -322,538 kgm

Mty = -322,538 kgm

6.2.1.3.3. Rekapitulasi Momen pada Pelat

Dari hasil perhitungan momen akibat beban mati (QD), dan beban hidup (QL) yang dirangkum dalam **Tabel 6.1.2** sebagai berikut :

Tabel 6. 1.2 – Rekapitulasi Hasil Momen

Tipe Pelat	Jenis Momen	Momen Akibat QD + QL (tm)	Penambahan Momen (tm)	Total
1	Mtx	-1798,5516	-5,52	-1804,07156
	Mlx	-1798,5516	-76,09	-1874,64156
	Mty	-970,64688	-140,63	-1111,27688
	Mly	970,64688	84,47	1055,116875
2	Mtx	-3818,4125	-	-3818,4125
	Mlx	-3818,4125	-	-3818,4125
	Mty	-2522,8797	-	-2522,87969
	Mly	2522,8797	-	2522,879688
3	Mtx	-5618,6156	-	-5618,61563
	Mlx	-4786,2281	-	-4786,22813
	Mty	-3953,8406	-	-3953,84063
	Mly	3953,8406	-	3953,840625
4	Mlx	-257,99766	-51,5995313	-309,597188
	Mtx	-257,99766	-51,5995313	-309,597188
5	Mlx	-425,21836	-51,5995313	-476,817891
	Mtx	-257,99766	-51,5995313	-309,597188
6	Mlx	-425,21836	-85,0436719	-510,262031

	Mtx	-257,99766	-154,798594	-412,79625
7	Mlx	257,99766	51,59953125	309,5971875
	Mtx	-257,99766	-154,798594	-412,79625
8	Mtx	-229,33125	-	-229,33125
	Mlx	229,33125	-	229,33125
	Mty	-229,33125	-	-229,33125
	Mly	229,33125	-	229,33125

(sumber : hasil analisa)

6.2.1.4. Perhitungan Tulangan Dua Arah

Pelat yang termasuk dalam pelat dua arah adalah pelat dengan tipe 1,2,3, dan 8. Untuk perhitungan tulangan digunakan prinsip-prinsip teori elastisitas yang mengacu pada PBI 1971.

Data Perencanaan Pelat

- Mutu Beton = K 350

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 0.33 \sigma_{bk} = 0.33 \times 350 = 115.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Eb = 119733.04 \text{ kg/cm}^2$$

$$d' = 8 \text{ cm}$$
- Mutu Baja Tulangan = U 32

Diameter tulangan = 16 mm

$$\sigma_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ea = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma a' = 1850 \text{ kg/cm}^2 \text{ (pembebanan tetap)}$$
- Dimensi Pelat

$$ly = 6,25 \text{ m}$$

$$lx = 2,75 \text{ m}$$

$$ly/lx = 2,3$$

Tebal = 30 cm

$$\begin{aligned}\text{Lebar tepi arah } x &= 1 \text{ m} > 1/5 l_y \\ \text{Lebar tepi arah } y &= 0,5 \text{ m} > 1/5 l_x\end{aligned}$$

4. Momen Pelat

Momen lapangan

$$M_{lx} = +1,875 \text{ tm} = +1875 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = +1,055 \text{ tm} = +1055 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -1,808 \text{ tm} = -1808 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -1,111 \text{ tm} = -1111 \text{ kgm}$$

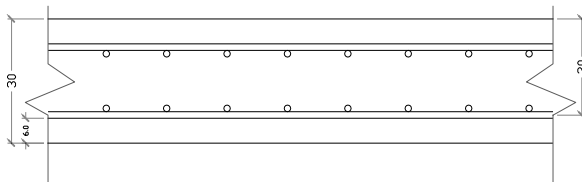
6.2.1.4.1. Perhitungan Tulangan Tumpuan dan Lapangan **Tulangan arah X**

$$n_{\max} = 330/\sqrt{\sigma b k} = 330/\sqrt{350} = 17,64$$

$$n = E_a/E_b = 2100000/119733 = 17,54 < 17,64 \dots \text{OK}$$

$$b = \text{lebar pelat dibagi per } 100 \text{ cm}$$

Gambar tinggi manfaat pelat dapat dilihat pada gambar 6.1.11



Gambar 6.1.11– Tinggi manfaat pelat

$$t = 30 \text{ cm} ; \text{ decking} = 8 \text{ cm}$$

$$D = 1,6 \text{ cm}$$

$$h_x = 30 - 8 - 0,5 \times 1,6 = 21,2 \text{ cm}$$

- **Penulangan Lapangan**

Mencari nilai C_a

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M_{tx}}{b \times \sigma'_a}}}$$

$$C_a = \frac{21,2}{\sqrt{\frac{17,54 \times 1804,072}{1 \times 2250}}} = 3,917$$

Mencari nilai \emptyset dan ω

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk $C_a = 3,917$ dengan $\delta = 0,0$ (tidak memerlukan tulangan tekan) didapatkan :

$$\emptyset = 2,164$$

$$\emptyset_o = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,54 \times 115,5)} = 0,920$$

$$\emptyset > \emptyset_o \dots \text{OK}$$

$$100n\omega = 7,243$$

$$\omega = 7,243/1754 = 0,0041$$

Mencari luasan tulangan

$$\begin{aligned} A &= \omega b h \\ &= 0,0041 \times 100 \times 21,2 \\ &= 6,697 \text{ cm}^2 = 669,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, dipasang tulangan 5D16-200 (A pasang : 1205,76 mm²)

Kontrol Retak

Menuru PBI 1971 lebar retak untuk beton diluar bangunan yang tidak terlindung dari hujan dan terik matahari disyaratkan besarnya tidak lebih dari 0,01 cm. Rumus untuk mencari lebar retak adalah sebagai berikut :

$$w = \alpha \left((C3 \times C) + \left(C4 \times \frac{d}{\omega p} \right) \right) \times \left(\sigma a - \frac{C5}{\omega p} \right) 10^{-6} \text{ cm}$$

Dimana,

$$C3 = 1,50$$

$$C4 = 0,16$$

$$C5 = 30$$

$$\omega p = A/Bt = 1507,4/(1000 \times 350) = 0,007$$

$$\sigma a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$c = 8 \text{ cm}$$

$$d = 1,6 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1$$

Maka,

$$w = 1 \left((1,5 \times 8) + \left(0,16 \times \frac{1,6}{0,004} \right) \right) \times \left(2250 - \frac{30}{0,005} \right) 10^{-6} \text{ cm}$$

$$w = 1(12 + 79,05) \times (-7013,82) 10^{-6} \text{ cm}$$

$$w = -0,4165 < 0,01 \text{ cm} \dots \text{OK (tidak terjadi retak)}$$

• Penulangan Tumpuan

$$n_{\max} = 330/\sqrt{\sigma b k} = 330/\sqrt{350} = 17,64$$

$$n = E_a/E_b = 2100000/119733 = 17,54 < 17,64 \dots \text{OK}$$

$$b = \text{lebar pelat dibagi per } 100 \text{ cm}$$

$$h = 30 - 8 - 0,8 = 21,2 \text{ cm}$$

Mencari nilai Ca

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M t x}{b \times \sigma' a}}}$$

$$Ca = \frac{21,2}{\sqrt{\frac{17,54 \times 1874}{1 \times 2250}}} = 3,843$$

Mencari nilai \emptyset dan ω

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk $C_a = 3,843$ dengan $\delta = 0,0$ didapatkan :

$$\emptyset = 1,564$$

$$\emptyset_o = \frac{\sigma' a}{(n \times \sigma' b)} = \frac{1850}{(17,54 \times 115,5)} = 0,915$$

$$\emptyset > \emptyset_o \dots \text{OK}$$

$$100n\omega = 7,688$$

$$\omega = 7,688/1754 = 0,004$$

Mencari luasan tulangan

$$A = \omega b h$$

$$= 0,0043 \times 100 \times 21,2$$

$$= 12,0576 \text{ cm}^2 = 1205,76 \text{ mm}^2$$

Maka, dipasang tulangan tarik 5D16-200 (A.Perlu : 1205,76 mm²)

Kontrol Retak

Menuru PBI 1971 lebar retak untuk beton diluar bangunan yang tidak terlindung dari hujan dan terik matahari disyaratkan besarnya tidak lebih dari 0,01 cm. Rumus untuk mencari lebar retak adalah sebagai berikut :

$$w = \alpha \left((C3 \times C) + \left(C4 \times \frac{d}{\omega p} \right) \right) \times \left(\sigma a - \frac{C5}{\omega p} \right) 10^{-6} \text{ cm}$$

Dimana,

$$C3 = 1,50$$

$$C4 = 0,16$$

$$C5 = 30$$

$$\omega p = A/Bt = 1133/(1000 \times 350) = 0,00323$$

$$\sigma a = 2250 \text{ kg/cm}^2$$

$$c = 8 \text{ cm}$$

$$d = 1,6 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1$$

Maka,

$$w = 1 \left((1,5 \times 8) + \left(0,16 \times \frac{1,6}{0,0043} \right) \right) \times \left(2250 - \frac{30}{0,0043} \right) 10^{-6} \text{ cm}$$

$$w = 1(12 + 79,05) \times (-7013,82) 10^{-6} \text{ cm}$$

$$w = -0,4165 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{OK (tidak terjadi retak)}$$

6.2.1.5. Perhitungan Tulangan Satu Arah

Pelat yang termasuk dalam pelat dua arah adalah pelat dengan tipe 4,5,6, dan 7 Untuk perhitungan tulangan satu arah dalam perencanaan memakai pelat D karena lebih menentukan.

6.2.1.5.1. Pelat Tipe 4, 5,6, dan 7

Data Perencanaan Pelat

1. Mutu Beton = K 350
 - σ'_{bk} = 350 kg/cm^2
 - $\sigma'_{b'}$ = $0,33 \sigma_{bk} = 0,33 \times 350 = 115,5 \text{ kg/cm}^2$
 - E_b = $119733,04 \text{ kg/cm}^2$
 - d' = 8 cm
2. Mutu Baja Tulangan = U 32
 - Diameter tulangan = 16 mm
 - σ_{au} = 2850 kg/cm^2
 - E_a = 2100000 kg/cm^2
 - σ_a' = 1850 kg/cm^2 (pembebanan tetap)
3. Dimensi Pelat
 - l_y = 4,25 m
 - l_x = 1,125 m
 - l_y/l_x = 3,8
 - Tebal = 30 cm
 - Lebar tepi arah x = 1 m > 1/5 l_y
 - Lebar tepi arah y = 0,5 m > 1/5 l_x
4. Momen Pelat
 - Momen lapangan

$$M_{lx} = +0,4127 \text{ tm} = +412,7 \text{ kgm}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,51026 \text{ tm} = -510,26 \text{ kgm}$$

Perhitungan Tulangan Tumpuan dan Lapangan

$$n_{\max} = 330/\sqrt{\sigma_{bk}} = 330/\sqrt{350} = 17,64$$

$$n = E_a/E_b = 2100000/119733 = 17,54 < 17,64 \dots \text{OK}$$

$$b = \text{lebar pelat dibagi per } 100 \text{ cm}$$

$$h = 30 - 8 - 0,8 = 21,2 \text{ cm}$$

Mencari nilai C_a (tumpuan)

$$C_a = \frac{h}{21,2} = \frac{\sqrt{\frac{n \times M_u}{b \times \sigma'_a}}}{\sqrt{\frac{17,54 \times 510,26}{1 \times 1850}}}$$

$$C_a = 7,375$$

Mencari nilai ϕ dan ω

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk $C_a = 9,378$ dengan $\delta = 0,0$, didapatkan :

$$\phi = 6,692$$

$$\phi_o = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,54 \times 115,5)} = 0,915$$

$$\phi > \phi_o \dots \text{OK}$$

$$100n\omega = 0,971$$

$$\omega = 0,971/1754 = 0,002$$

Mencari luasan tulangan tarik

$$A = \omega b h$$

$$= 0,0022 \times 100 \times 21,2$$

$$= 0,808 \text{ cm}^2 = 80,8 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan

$$\text{Luas baja tulangan} = \pi r^2 = \pi (8^2) = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kebutuhan tulangan tarik} = 889,1/200,96 = 0,4 \text{ buah}$$

Dalam lebar pelat per 100 cm dibutuhkan minimal 2 buah tulangan tarik dengan jarak antar tulangan maksimal 500 mm.

Maka, dipasang tulangan tarik D16-200**Kontrol Retak**

Menuru PBI 1971 lebar retak untuk beton diluar bangunan yang tidak terlindung dari hujan dan terik matahari disyaratkan besarnya tidak lebih dari 0,01 cm. Rumus untuk mencari lebar retak adalah sebagai berikut :

$$w = \alpha \left((C3 \times C) + \left(C4 \times \frac{d}{\omega p} \right) \right) \times \left(\sigma a - \frac{C5}{\omega p} \right) 10^{-6} \text{ cm}$$

Dimana,

$$C3 = 1,50$$

$$C4 = 0,16$$

$$C5 = 30$$

$$\omega p = 0,004$$

$$\sigma a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$c = 8 \text{ cm}$$

$$d = 1,6 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1$$

Maka,

$$w = 1 \left((1,5 \times 8) + \left(0,16 \times \frac{1,6}{0,004} \right) \right) \times \left(2250 - \frac{30}{0,004} \right) 10^{-6} \text{ cm}$$

$$w = -0,61783424 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{OK (tidak terjadi retak)}$$

6.2.1.6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat

Berikut adalah hasil perhitungan tulangan dari pelat dua arah dan satu arah yang dijelaskan dalam **Tabel 6.1.3** dan hasil kontrol retak disajikan dalam tabel **6.1.4** berikut :

Tabel 6.1.3 – Rekapitulasi Jarak Tulangan

Tipe Pelat	Jenis Momen	Niai Ca	Total Momen	Letak tulangan	Tulangan Pakai
1 (Two way slab)	Mtx	3,91716034	-1804,0716	Tumpuan X	D16-200
	MLx	3,84272326	-1874,6416	Lapangan X	D16-200
	Mty	4,49805677	-1111,2769	Tumpuan Y	D16-500
	Mly	4,61621243	1055,1169	Lapangan Y	D16-500
2 (Two way slab)	Mtx	2,69250679	-3818,4125	Tumpuan X	D16-100
	MLx	2,69250679	-3818,4125	Lapangan X	D16-100
	Mty	2,98529876	-2522,8797	Tumpuan Y	D16-100
	Mly	2,98529876	2522,8797	Lapangan Y	D16-100
3 (Two way slab)	Mtx	2,21964524	-5618,6156	Tumpuan X	D16-80
	MLx	2,40492497	-4786,2281	Lapangan X	D16-80
	Mty	2,38466013	-3953,8406	Tumpuan Y	D16-80
	Mly	2,38466013	3953,8406	Lapangan Y	D16-80
4 (one way slab)	MLx	9,45583153	-309,59719	Tumpuan X	D16-500
	Mtx	9,45583153	-309,59719	Lapangan X	D16-500
5 (one way slab)	MLx	8,06848927	-476,81789	Tumpuan X	D16-500
	Mtx	8,06848927	-309,59719	Lapangan X	D16-500
6 (one way slab)	MLx	8,18899032	-510,26203	Tumpuan X	D16-500
	Mtx	7,3654893	-412,79625	Lapangan X	D16-500
7 (one way slab)	MLx	8,18899032	257,99766	Tumpuan X	D16-500
	Mtx	9,45583153	-257,99766	Lapangan X	D16-500

8 (two way slab)	Mtx	10,9866834	-229,33125	Tumpuan X	D16-500
	Mlx	10,9866834	229,33125	Lapangan X	D16-500
	Mty	10,9866834	-229,33125	Tumpuan Y	D16-500
	Mly	10,9866834	229,33125	Lapangan Y	D16-500

(Sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan tabel perhitungan jarak penulangan yang dilakukan, pada pelat satu arah didapatkan jarak penulangan yang sangat renggang yaitu berjarak 500 mm antar tulangnya, sehingga dalam pelaksanaannya hal tersebut membuat kemungkinan terjadinya retak sangat besar. Sehingga dalam perencanaan, pelat satu arah mengikuti perencanaan pelat dua arah dengan nilai $C_a = 3,917$. Rekapitulasi jarak penulangan dalam pelaksanaannya di lapangan disajikan pada tabel 6.1.4.

Tabel 6.1.4 – Rekapitulasi Kontrol Retak pada Pelat

Tipe Pelat	Jenis Momen	Niai C_a	Total Momen	Letak tulangan	Tulangan Pakai
1 (Two way slab)	Mtx	3,9171603	-1804,0716	Tumpuan X	D16-200
	Mlx	3,8427233	-1874,6416	Lapangan X	D16-200
	Mty	4,4980568	-1111,2769	Tumpuan Y	D16-200
	Mly	4,6162124	1055,1169	Lapangan Y	D16-200
2 (Two way slab)	Mtx	2,6925068	-3818,4125	Tumpuan X	D16-100
	Mlx	2,6925068	-3818,4125	Lapangan X	D16-100
	Mty	2,9852988	-2522,8797	Tumpuan Y	D16-100
	Mly	2,9852988	2522,8797	Lapangan Y	D16-100
3 (Two way slab)	Mtx	2,2196452	-5618,6156	Tumpuan X	D16-80
	Mlx	2,404925	-4786,2281	Lapangan X	D16-80
	Mty	2,3846601	-3953,8406	Tumpuan Y	D16-80
	Mly	2,3846601	3953,8406	Lapangan Y	D16-80

4 (one way slab)	Mlx	9,4558315	-309,59719	Tumpuan X	D16-200
	Mtx	9,4558315	-309,59719	Lapangan X	D16-200
5 (one way slab)	Mlx	8,0684893	-476,81789	Tumpuan X	D16-200
	Mtx	8,0684893	-309,59719	Lapangan X	D16-200
6 (one way slab)	Mlx	8,1889903	-510,26203	Tumpuan X	D16-200
	Mtx	7,3654893	-412,79625	Lapangan X	D16-200
7 (one way slab)	Mlx	8,1889903	257,99766	Tumpuan X	D16-200
	Mtx	9,4558315	-257,99766	Lapangan X	D16-200
8 (two way slab)	Mtx	10,986683	-229,33125	Tumpuan X	D16-200
	Mlx	10,986683	229,33125	Lapangan X	D16-200
	Mty	10,986683	-229,33125	Tumpuan Y	D16-200
	Mly	10,986683	229,33125	Lapangan Y	D16-200

Setelah dianalisis jarak penulangan pada pelat, kemudian dilakukan kontrol retak untuk mengetahui apakah terjadi keretakan pada pelat. Rekapitulasi kontrol retak disajikan pada tabel 6.1.5.

Tabel 6.1.5 – Rekapitulasi Kontrol Retak pada Pelat

Tipe Pelat	Jenis Momen	wp	w	Keterangan
1	Mtx	0,0033493	-0,61783424	Tidak Retak
	Mlx	0,0033493	-0,61783424	Tidak Retak
	Mty	0,0026795	-0,99109029	Tidak Retak
	Mly	0,0026795	-0,99109029	Tidak Retak
2	Mtx	0,0060288	-0,16556793	Tidak Retak
	Mlx	0,0060288	-0,16556793	Tidak Retak
	Mty	0,0053589	-0,2184061	Tidak Retak
	Mly	0,0053589	-0,2184061	Tidak Retak

3	Mtx	0,0066987	-0,07970095	Tidak Retak
	Mlx	0,0040192	-0,07970095	Tidak Retak
	Mty	0,0066987	-0,07970095	Tidak Retak
	Mly	0,0033493	-0,07970095	Tidak Retak
4	Mlx	0,0026795	-1,80335369	Tidak Retak
	Mtx	0,0026795	-1,80335369	Tidak Retak
5	Mlx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
	Mtx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
6	Mlx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
	Mtx	0,0036538	-0,61783424	Tidak Retak
7	Mlx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
	Mtx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
8	Mtx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
	Mlx	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
	Mty	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak
	Mly	0,0026795	-0,61783424	Tidak Retak

(Sumber : Hasil Analisa)

6.2.2. Perencanaan Balok

6.2.2.1. Tipe Balok

Terdapat 1 tipe balok pada *loading platform*, jenis balok tersebut dibagi berdasarkan bentang dan beban yang diterima oleh balok. Beberapa balok yang memiliki bentang dan beban yang kecil dapat dikategorikan sebagai balok praktis sehingga dalam perencanaannya mengikuti balok yang lebih menentukan. Adapun balok yang dikategorikan sebagai balok praktis adalah B2, B7, dan B8 dimana perencanaannya mengikuti balok B1. Dan balok B5, B6, dan B3 dimana perencanaannya mengikuti balok B2.

Letak dan panjang bentang dari setiap jenis balok dapat dilihat dalam **Gambar 6.8**.

6.2.2.2. Pembebanan

Dalam perencanaan balok dipakai beban vertikal, dan beban gempa sebagai berikut:

1. Beban Mati Terbagi Rata

Berat balok sendiri	$= 2,9 \text{ t/m}^3$
---------------------	-----------------------
2. Beban Hidup

Beban pangkalan dan beban hujan	$= 3.05 \text{ t/m}^3$
---------------------------------	------------------------
3. Beban Terpusat vertikal

Berat Marine Loading Arm	$= 34 \text{ ton}$
Berat Tower Gangway	$= 27 \text{ ton}$
Berat Fire Monitor Tower	$= 0,1675 \text{ ton}$
Berat Jib Crane	$= 4,5 \text{ ton}$
Berat pipa dan muatan	$= 3,32 \text{ ton}$
Berat Catwalk 1	$= 15,8 \text{ ton}$
Berat Catwalk 2	$= 22,226 \text{ ton}$

4. Beban Gempa

Lokasi dermaga *Island Berth* terletak di Bontang yang berada pada wilayah dengan jenis tanah sedang. Perhitungan gaya gempa dihitung dengan cara respon spektrum dinamis pada program SAP2000 V14.0.0.

Kombinasi Pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan yang direncanakan pada *loading platform* adalah sebagai berikut :

1. 1 DL + 1 LL
2. 1 DL + 1 LL + 1 SD
3. 1 DL + 1 LL + 1QX + 0,3 QY
4. 1 DL + 1 LL + 0,3 QX+ 1QY

Dimana :

- | | |
|----|--------------------------------------------------|
| DL | : beban mati dari berat beton |
| LL | : beban hidup dari berat pangkalan dan air hujan |
| SD | : beban dari MLA, TG, FM, JC, dan pipa |

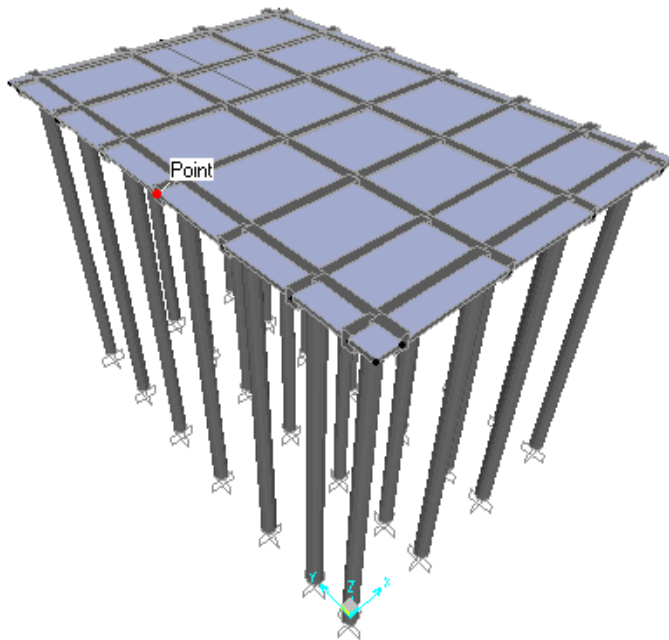
QX : beban dari gempa arah X

QY : beban gempa arah Y

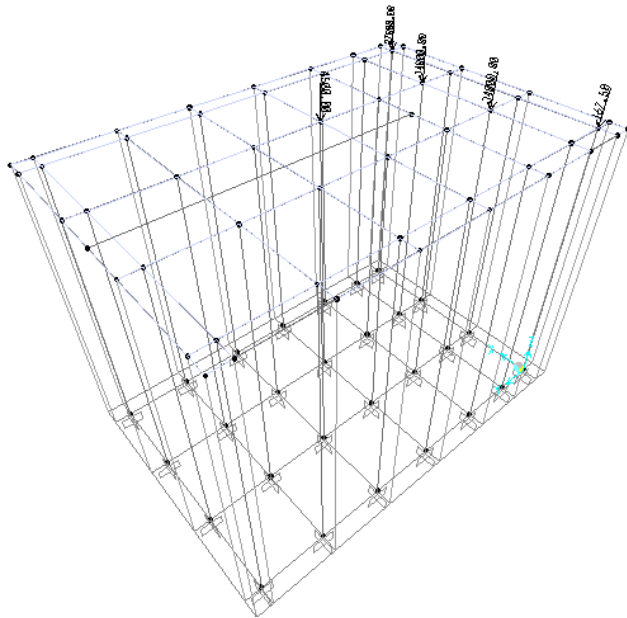
Permodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk menentukan besarnya momen, gaya geser, dan reaksi yang terjadi pada balok dan pada perletakan. Permodelan pada SAP 200 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi.

Bentuk Permodelan



Gambar 6. 1.12- Beban area pada Loading Platform



Gambar 6.1.13 - Beban terpusat akibat utilitas alat

Rekapitulasi Analisis SAP2000

Rekap hasil analisis program SAP2000 dapat dilihat pada tabel – tabel berikut:

Tabel 6.1.6 - Hasil kombinasi beban pada balok memanjang

Tipe balok	Beban	Kombinasi	Besar	
memanjang	M tump	DL+1LL+Gx+0,3Gy	-33695	(kgm)
	M lap	DL+1LL+Gx+0,3Gy	33695	(kgm)
	V maks	DL+1LL+Gx+0,3Gy	33648,6	(kg)
	T	DL+1LL+Gx+0,3Gy	1640,98	(kgm)

(Sumber: analisis SAP2000)

Tabel 6.1.7 - Hasil kombinasi beban pada balok melintang

tipe balok	Beban	Kombinasi	Besar	
melintang	M tump	DL+1LL+Gx+0,3Gy	-61726,89	(kgm)
	M lap	DL+1LL+Gx+0,3Gy	61726,89	(kgm)
	V maks	DL+1LL+Gx+0,3Gy	45454,77	(kg)
	T	DL+1LL+Gx+0,3Gy	369,74	(kgm)

(Sumber: analisis SAP2000)

6.2.2.3. Penulangan Balok Melintang**➤ Pembebanan**

Pembebanan untuk balok meliputi :

- Berat sendiri
- Berat kontribusi pelat (berat mati dan hidup)
- Beban akibat gempa

➤ Kombinasi pembebanan

Kombinasi yang digunakan adalah :

- DL + LL
- DL+LL+Gx+0,3Gy
- DL + LL + Gy + 0.3 Gx

➤ Penulangan balok

Data balok :

$$\begin{aligned}
 l_o &= 600 \text{ cm} & ; D1 &= 3,2 \text{ cm} \\
 b_o &= 75 \text{ cm} & ; D2 &= 1,6 \text{ cm} \\
 h_t &= 90 \text{ cm} & ; A1 &= 8,04 \text{ cm}^2 \\
 c &= 8 \text{ cm} & ; A2 &= 2,01 \text{ cm}^2 \\
 h &= h_t - c - D2 - 0.5D1 \\
 &= 90 - 8 - 1.6 - 0.5 \times 3.2 \\
 &= 78,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

D1 = diameter tulangan utama

D2 = diameter tulangan sengkang

Data bahan :

Mutu Beton

$$\begin{aligned}\sigma_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_b &= 116,67 \text{ kg/cm}^2 \\ E_b &= 1,197 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Mutu Baja

$$\begin{aligned}\sigma_{au} &= 2780 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \\ E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ n &= \text{Angka ekivalensi antara modulus elastisitas} \\ &\quad \text{baja dengan modulus tekan beton}\end{aligned}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,197 \times 10^5} = 17,54$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{17,54 \cdot 115,5} = 0,915$$

Untuk rekapitulasi gaya dalam yang terjadi pada balok melintang dapat dilihat pada tabel 6.5

a. Penulangan Tumpuan

$$M_t = 6172690 \text{ kgcm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{n \cdot M_l x}{b \cdot \sigma_a}\right)}} = \frac{78,8}{\sqrt{\left(\frac{17,54 \cdot 6172690}{100 \cdot 1850}\right)}} = 2,7994$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0,4$ dan $Ca = 2,7994$, dari tabel n-lentur didapat :

$$\begin{aligned}\Phi &= 1,632 > \phi_o \quad (\text{OK}) \\ 100n\omega &= 14,21\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\omega = 14,21/(100 \times 17,54) = 0,008$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h = 0,008 \times 75 \times 78,8 \\ &= 47,515 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 6 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 48,254 \text{ cm}^2$)

Luas Tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= \delta \times A_s = 0,4 \times 48,24 \\ &= 19,296 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 3 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 24,12 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 48,24 = 4,824 \text{ cm}^2$$

Dipakai 3 tulangan D16 ($A_{s \text{ pakai}} = 6,03 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak antar Tulangan :

$$\begin{aligned} St &= \frac{b - 2d - 2\phi - 6D}{6 - 1} \\ St &= \frac{75 - 2 \times 8 - 2 \times 1.6 - 6 \times 3.2 - 2 \times 1.3}{6 - 1} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena $St = 6$

$\text{cm} > D + 1 = 4.2 \text{ cm}$, maka tulangan di pasang hanya satu baris.

Perhitungan Lebar Retak :

Perhitungan lebar retak dihitung dengan menggunakan perumusan berikut:

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_s}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

dimana nilai ω_p dan σ_a didapat dari rumus berikut untuk balok persegi yang menerima lentur murni

$$\omega_p = \frac{A_{pakai}}{b \cdot h} = \frac{48,24}{75 \cdot 78,8} = 0,0087$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1850}{1,512} = 1233,54$$

dari tabel 10.7.1 PBI 1971 diperoleh nilai koefisien C sebagai berikut:

$$C_3 = 1.50; C_4 = 0.04; C_5 = 7.5$$

berat baja tulangan per meter adalah $w_{bar} = 6,31 \text{ kg/m}$

$$d = 12.8 \sqrt{w_{bar}} = 12.8 \sqrt{6,31} = 32,153 \text{ mm} = 3,2153 \text{ cm}$$

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$w = 1 \cdot \left(1,50 \cdot 8 + 0,04 \cdot \frac{3,2153}{0,0087} \right) \left(1233,54 - \frac{7,5}{0,0087} \right) \cdot 10^{-6} = 0,0092 \text{ cm}$$

$$w = 0,0092 < 0,01 \text{ cm... (OK)}$$

b. Penulangan Lapangan

$$M_t = 6172690 \text{ kgcm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{n \cdot M_l x}{b \cdot \sigma_a} \right)}} = \frac{78,8}{\sqrt{\left(\frac{17,54 \cdot 6172690}{100 \cdot 1850} \right)}} = 2,7994$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0,4$ dan $Ca = 2,7994$, dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 1,632 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

$$100n\omega = 14,21$$

Sehingga,

$$\omega = 14,21 / (100 \times 17,54) = 0,008$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h = 0,008 \times 75 \times 78,8 \\ &= 47,515 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 6 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 48,254 \text{ cm}^2$)

Luas Tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= \delta \times A_s = 0,4 \times 48,24 \\ &= 19,296 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 3 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 24,12 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 48,24 = 4,824 \text{ cm}^2$$

Dipakai 3 tulangan D16 ($A_{s \text{ pakai}} = 6,03 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak antar Tulangan :

$$\begin{aligned} St &= \frac{b - 2d - 2\phi - 6D}{6 - 1} \\ St &= \frac{75 - 2 \times 8 - 2 \times 1,6 - 6 \times 3,2 - 2 \times 1,3}{6 - 1} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena $St = 6$

$\text{cm} > D + 1 = 4,2 \text{ cm}$, maka tulangan di pasang hanya satu baris.

Perhitungan Lebar Retak :

Perhitungan lebar retak dihitung dengan menggunakan perumusan berikut:

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

dimana nilai ω_p dan σ_a didapat dari rumus berikut untuk balok persegi yang menerima lentur murni

$$\omega_p = \frac{A_{pakai}}{b \cdot h} = \frac{48,24}{75 \cdot 78,8} = 0,0087$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1850}{1,512} = 1233,54$$

dari tabel 10.7.1 PBI 1971 diperoleh nilai koefisien C sebagai berikut:

$$C_3 = 1.50; C_4 = 0.04; C_5 = 7.5$$

berat baja tulangan per meter adalah $w_{\text{bar}} = 6,31 \text{ kg/m}$

$$d = 12.8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12.8 \sqrt{6,31} = 32,153 \text{ mm} = 3,2153 \text{ cm}$$

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$w = 1 \cdot \left(1,50 \cdot 8 + 0,04 \cdot \frac{3,2153}{0,0087} \right) \left(1233,54 - \frac{7,5}{0,0087} \right) \cdot 10^{-6} = 0,0092 \text{ cm}$$

$$w = 0,0092 < 0,01 \text{ cm... (OK)}$$

Kontrol Dimensi Balok

$$D (V) = 45454,77 \text{ kg}$$

$$T = 36974 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{D}{b x \frac{7}{8} h} \quad (\text{PBI 71 pasal 11.7.1}) \\ &= \frac{45454,77}{75 \times \frac{7}{8} \cdot 90} \\ &= 7,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{75}} = 4,58$$

$$\tau_{bu} = \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot h} = \frac{4,58 \times 36974}{75^2 \times 90} = 0,334 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau_{bu} = 7,69 + 0,334 = 8,030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62 \sqrt{450} = 34,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau_{bu} < \tau_{bm} \text{ (ukuran balok memenuhi syarat)}$$

Penulangan Geser

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI 1971 tabel 10.4.2 untuk pembebanan tetap :

$$\tau_{bt} = 1,35\sqrt{\sigma b k} = 28,64 \text{ kg/cm}^2$$

untuk pembebanan sementara :

$$\tau_{bs} = 2,12\sqrt{\sigma b k} = 44,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = 11,261 < \tau_{bt} \dots (\text{Ok})$$

$$\tau_b = 11,261 < \tau_{bs} \dots (\text{Ok})$$

diperlukan sengkang !

sengkang pada tumpuan :

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm (U-32), $\bar{\sigma}_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$. (PBI 71 Tabel 10.4.1)

$$\tau_b = \frac{(2,7-0,3)}{2,7} \cdot 11,261 = 10,009 \text{ kg/cm}^2 \text{ (L= 5,4m)}$$

As = 2,01 cm² x 2 kaki = 4,02 cm² (sengkang 2-kaki)

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_b \times b} = \frac{4,02 \times 1850}{10,009 \times 75} = 9,907 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang **D16 – 100** mm

sengkang pada daerah > 1 m dari tumpuan :

$$\tau_b = \frac{(2,4-1)}{2,4} \cdot 10,009 = 5,839 \text{ kg/cm}$$

$$\tau_b < \tau'_{bm-t} \dots \dots \text{OK !}$$

$$\tau_b < \tau'_{bm-s} \dots \dots \text{OK !}$$

diperlukan sengkang !

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm

As = 4,02 cm² (2-kaki)

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{4,02 \times 1850}{5,839 \times 75} = 16,982 \text{ cm } \emptyset$$

Jadi dipasang sengkang **D16 – 150** mm pada daerah > 1 meter dari ujung balok (L= 5,4m) hingga tengah balok.

Panjang Penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$L_d = 0,07 \frac{A_s \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

$$A_s \text{ tulangan D25} = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,07 \frac{4,91 \times 2780}{\sqrt{350}} \geq 0,0065 \times 3,2153 \text{ m} \times 2780$$

$$L_d = 51,073 \geq 58,1, \text{ Jadi } L_d \text{ yang dipakai} = \mathbf{60 \text{ cm}}$$

Untuk tulangan tekan , berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$L_d = 0,09 \frac{d_s \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,005 d_p \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{2,5 \times 2780}{\sqrt{350}} \geq 0,005 \times 3,2153 \times 2780$$

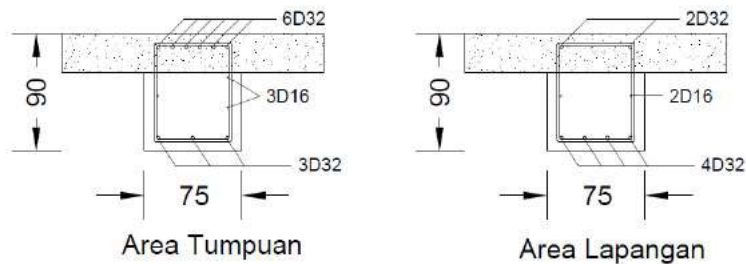
$$L_d = 33,43 \geq 44,69, \text{ Jadi } L_d \text{ yang dipakai} = \mathbf{45 \text{ cm}}$$

Rekapitulasi perhitungan balok melintang Loading Platform dapat dilihat pada **tabel 6.5.9** di bawah ini.

Tabel 6.1.8 – Tabel Penulangan Balok Melintang loading Platform

Letak Penulangan	M (kgcm)	ukuran balok		tulangan tarik			tulangan tekan		
		B	h	$A_{s_{perlu}}$	$A_{s_{pakai}}$	pasang	$A_{s_{perlu}}$	$A_{s_{pakai}}$	pasang
Tumpuan	6172687	75	90	47,515	48,254	6D32	19,006	19,634	4D25
Lapangan	6172687			47,515	48,254	6D32	19,006	19,634	4D25

(Sumber : hasil perhitungan)

**Gambar 6.1.14** – Penulangan Balok Melintang loading Platform**6.5.1.1 Penulangan Balok Memanjang**➤ **Pembebanan**

Pembebanan untuk balok meliputi :

- Berat sendiri
- Berat kontribusi pelat (berat mati dan hidup)
- Beban akibat gempa

➤ **Kombinasi pembebanan**

Kombinasi yang digunakan adalah :

- $DL + LL$
- $DL + LL + G_x + 0,3G_y$
- $DL + LL + G_y + 0,3 G_x$

➤ **Penulangan balok**

Data balok :

 $l_o = 600 \text{ cm}$; $D1 = 3,2 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 b_o &= 75 \text{ cm} & ; D2 &= 1,6 \text{ cm} \\
 ht &= 90 \text{ cm} & ; A1 &= 8,04 \text{ cm}^2 \\
 c &= 8 \text{ cm} & ; A2 &= 2,01 \text{ cm}^2 \\
 h &= ht - c - D2 - 0.5D1 \\
 &= 90 - 8 - 1,6 - 0,5 \times 3,2 \\
 &= 78,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

D1 = diameter tulangan utama

D2 = diameter tulangan sengkang

Data bahan :

Mutu Beton

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 1,197 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu Baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= 2780 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 n &= \text{Angka ekivalensi antara modulus elastisitas} \\
 &\quad \text{baja dengan modulus tekan beton}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,197 \times 10^5} = 17,54$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{17,54 \cdot 115,5} = 0,913$$

Untuk rekapitulasi gaya dalam yang terjadi pada balok melintang dapat dilihat pada **Tabel 6.6**.

a. Penulangan Tumpuan

$$M_t = 3369500 \text{ kgcm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{n \cdot M l x}{b \cdot \sigma_a}\right)}} = \frac{78,8}{\sqrt{\left(\frac{17,54 \cdot 3369500}{75 \cdot 1850}\right)}} = 2,279$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0,4$ dan $Ca = 2,279$, dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 1,584 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

$$100n\omega = 7,588$$

Sehingga,

$$\omega = 7,588 / (100 \times 17,54) = 0,004$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h = 0,004 \times 75 \times 78,8 \\ &= 25,373 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 4 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 32,17 \text{ cm}^2$)

Luas Tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= \delta \times A_s = 0,4 \times 32,17 \\ &= 12,87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 2 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 16,085 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 25,373 = 2,5 \text{ cm}^2$$

Dipakai 3 tulangan D16 ($A_{s \text{ pakai}} = 6,03 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak antar Tulangan :

$$St = \frac{b - 2d - 2\phi - 4D}{4 - 1}$$

$$St = \frac{75 - 2 \times 8 - 2 \times 1,6 - 4 \times 3,2}{4 - 1} = 15 \text{ cm}$$

Karena $St = 15 \text{ cm} > D + 1 = 4,2 \text{ cm}$, maka tulangan di pasang satu baris.

Perhitungan Lebar Retak :

Perhitungan lebar retak dihitung dengan menggunakan perumusan berikut:

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

dimana nilai ω_p dan σ_a didapat dari rumus berikut untuk balok persegi yang menerima lentur murni

$$\omega_p = \frac{A_{pakai}}{b \cdot h} = \frac{32,16}{1850 \cdot 78,8} = 0,004$$

$$\sigma_a = \frac{\Phi}{1,584} = 811,8$$

dari tabel 10.7.1 PBI 1971 diperoleh nilai koefisien C sebagai berikut:

$$C_3 = 1,50; C_4 = 0,04; C_5 = 7,5$$

berat baja tulangan per meter adalah $w_{\text{bar}} = 6,31 \text{ kg/m}$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{6,31} = 32,153 \text{ mm} = 3,2153 \text{ cm}$$

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$w = 1 \cdot \left(1,50 \cdot 8 + 0,04 \cdot \frac{3,2153}{0,004} \right) \left(1167,93 - \frac{7,5}{0,004} \right) \cdot 10^{-6} = 0,0004 \text{ cm}$$

$$w = 0,0004 < 0,01 \text{ cm... (OK)}$$

b. Penulangan Lapangan

$$M_t = 3369500 \text{ kgcm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{n \cdot M l x}{b \cdot \sigma a}\right)}} = \frac{78,8}{\sqrt{\left(\frac{17,54 \cdot 3369500}{75 \cdot 1850}\right)}} = 2,279$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0,4$ dan $Ca = 2,279$, dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 1,584 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

$$100n\omega = 7,588$$

Sehingga,

$$\omega = 7,588 / (100 \times 17,54) = 0,004$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h = 0,004 \times 75 \times 78,8 \\ &= 25,373 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 4 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 32,17 \text{ cm}^2$)

Luas Tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} A_s' &= \delta \times A_s = 0,4 \times 32,17 \\ &= 12,87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 2 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 16,085 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 25,373 = 2,5 \text{ cm}^2$$

Dipakai 3 tulangan D16 ($A_{s \text{ pakai}} = 6,03 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak antar Tulangan :

$$St = \frac{b - 2d - 2\phi - 4D}{4 - 1}$$

$$St = \frac{75 - 2 \times 8 - 2 \times 1,6 - 4 \times 3,2}{4 - 1} = 15 \text{ cm}$$

Karena $St = 15 \text{ cm} > D + 1 = 4,2 \text{ cm}$, maka tulangan di pasang satu baris.

Perhitungan Lebar Retak :

Perhitungan lebar retak dihitung dengan menggunakan perumusan berikut:

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

dimana nilai ω_p dan σ_a didapat dari rumus berikut untuk balok persegi yang menerima lentur murni

$$\omega_p = \frac{A_{pakai}}{b \cdot h} = \frac{32,16}{1850 \cdot 78,8} = 0,004$$

$$\sigma_a = \frac{\Phi}{1,584} = 811,8$$

dari tabel 10.7.1 PBI 1971 diperoleh nilai koefisien C sebagai berikut:

$$C_3 = 1,50; C_4 = 0,04; C_5 = 7,5$$

berat baja tulangan per meter adalah $w_{\text{bar}} = 6,31 \text{ kg/m}$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{6,31} = 32,153 \text{ mm} = 3,2153 \text{ cm}$$

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$w = 1 \cdot \left(1,50 \cdot 8 + 0,04 \cdot \frac{3,2153}{0,004} \right) \left(1167,93 - \frac{7,5}{0,004} \right) \cdot 10^{-6} = 0,0004 \text{ cm}$$

$$w = 0,0004 < 0,01 \text{ cm... (OK)}$$

Kontrol Dimensi Balok

$$D = 33648,60 \text{ kg}$$

$$T = 354465 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_b &= \frac{D}{bx \frac{7}{8} h} \quad (\text{PBI 71 pasal 11.7.1}) \\
 &= \frac{38366,23}{75 \times \frac{7}{8} \cdot 90} \\
 &= 5,7 \text{ kg/cm}^2 \\
 \Psi &= 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{75}} = 4,58 \\
 \tau_{bu} &= \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot h} = \frac{4,58 \times 354465}{75^2 \times 90} = 1,483 \text{ kg/cm}^2 \\
 \tau_b + \tau_{bu} &= 5,7 + 1,483 = 7,1803 \text{ kg/cm}^2 \\
 \tau_{bm} &= 1.62\sqrt{450} = 34,37 \text{ kg/cm}^2 \\
 \tau_b + \tau_{bu} &< \tau_{bm} \quad (\text{ukuran balok memenuhi syarat})
 \end{aligned}$$

Penulangan Geser

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI 1971 tabel 10.4.2 untuk pembebanan tetap :

$$\tau_{bt} = 1,35\sqrt{\sigma b k} = 28,64 \text{ kg/cm}^2$$

untuk pembebanan sementara :

$$\tau_{bs} = 2,12\sqrt{\sigma b k} = 44,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = 6,496 < \tau_{bt} \dots (\text{Ok})$$

$$\tau_b = 6,496 < \tau_{bs} \dots (\text{Ok})$$

diperlukan sengkang !

sengkang pada tumpuan :

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm (U-32), $\bar{\sigma}_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$. (PBI 71 Tabel 10.4.1)

$$\tau_b = \frac{(2,7 - 0,3)}{2,7} \cdot 6,496 = 5,774 \text{ kg/cm}^2 \quad (L = 5,4\text{m})$$

As = $2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \text{ kaki} = 4,02 \text{ cm}^2$ (sengkang 2-kaki)

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_b \times b} = \frac{4,02 \times 1850}{5,744 \times 75} = 17,26 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang **D16 – 150** mm
sengkang pada daerah > 1 m dari tumpuan :

$$\tau_b = \frac{(2,4-1)}{2,4} \cdot 5,744 = 3,35 \text{ kg/cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} \tau_b < \tau'_{bm-t} \text{OK !} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} \text{OK !} \end{array} \right\} \text{ diperlukan sengkang !}$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm

As = 4,02 cm² (2-kaki)

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{4,02 \times 1850}{3,35 \times 75} = 29,6 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang **D16 – 300** mm pada daerah > 1 meter dari ujung balok (L= 5,4m) hingga tengah balok.

Panjang Penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut:

$$L_d = 0,07 \frac{A_s \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

A_s tulangan D25 = 4,91 cm²

$$L_d = 0,07 \frac{4,91 \times 2780}{\sqrt{350}} \geq 0,0065 \times 3,215 \times 2780$$

L_d = 51,073 ≥ 58,1, Jadi L_d yang dipakai = **60 cm**

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$L_d = 0,09 \frac{d_s \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,005 d_p \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{2,5 \times 2780}{\sqrt{350}} \geq 0,005 \times 3,2153 \times 2780$$

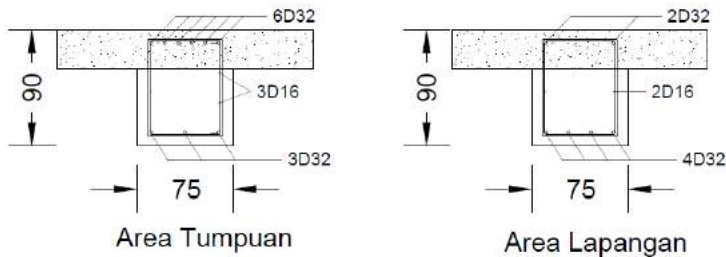
$L_d = 33,43 \geq 44,69$, Jadi L_d yang dipakai = **45 cm**

Rekapitulasi perhitungan balok memanjang Loading Platform dapat dilihat pada tabel 6.1.8 di bawah ini.

Tabel 6.1.9 – Rekapitulasi Penulangan Balok Memanjang loading

Letak penulangan	M (kgcm)	ukuran balok		tulangan tarik			tulangan tekan		
		B	H	$A_{s_{perlu}}$	$A_{s_{pakai}}$	pasang	$A_{s_{perlu}}$	$A_{s_{pakai}}$	pasang
Tumpuan	3369500	75	90	25,373	32,17	4D32	12,868	19,634	2D32
Lapangan	3369500			25,373	32,17	4D32	12,868	19,634	2D32

(Sumber : hasil perhitungan)



Gambar 6.1.15 – Penulangan Balok Memanjang loading Platform

6.2.3. Perencanaan Pile Cap

6.2.3.1. Tipe Pile Cap

Terdapat 1 jenis pile cap yang digunakan dalam perencanaan yaitu pile cap tunggal dengan dimensi sebagai berikut :

5. Pile cap tunggal

Lebar (l_x) = 200 cm

Panjang (l_y) = 200 cm

Tebal (h) = 100 cm

Selimut beton (d') = 8 cm

Mutu Beton

$$\sigma_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,197 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,197 \times 10^5} = 17,54$$

ϕ_0 = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{17,54 \times 115,5} = 0,913$$

perhitungan tinggi manfaat :

$$h_x = h - d - 0,5D = 90,4 \text{ cm}$$

$$h_y = h - d - D - 0,5D = 87,2 \text{ cm}$$

6.2.3.2. Beban dan Momen

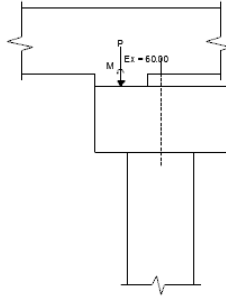
Dari hasil permodelan struktur menggunakan SAP 2000 yang dilakukan pada perencanaan balok didapatkan gaya-gaya yang bekerja pada pile cap dengan mengasumsikan pelaksanaan yang sulit maka dianggap terjadi eksentrisitas pada pile cap. Adapun gaya yang bekerja pada pile cap adalah sebagai berikut :

Pile Cap Tunggal

Data gaya-gaya yang terjadi pada poer :

$$P = 205,5 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 M &= 49,6 \text{ tm} \\
 e_x &= 0,6 \\
 M_x &= e_y \cdot P + M = 0,6 \times 205,5 + 49,6 \\
 &= 171,8 \text{ tm} \\
 M_y &= e_x \cdot P + M = 0,6 \times 205,5 + 81,1 \\
 &= 203,8 \text{ tm}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.1.16 – Gaya yang Terjadi pada Pile Cap

6.2.3.3. Perhitungan Tulangan Pile Cap Tunggal

a. Penulangan Poer Arah X

$$M_x = 171,8 \text{ tm}$$

$$h/b = 100/200 = 0,5 \text{ poer ini didesain sebagai pelat dengan } \delta = 0.$$

$$\phi_o = 0,913$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{n \cdot M_x}{b \cdot \sigma_a}\right)}} = \frac{90,4}{\sqrt{\left(\frac{17,54 \cdot 17180000}{200 \cdot 1850}\right)}} = 3,1713$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0$. dan $Ca = 3,1677$, dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 1,667 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

$$100n\omega = 11,250$$

Sehingga,

$$\omega = 11,250 / (100 \times 17,54) = 0,006$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega b h \\
 &= 0,006 \times 200 \times 90,4 \\
 &= 116,8 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai 15 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 120,637 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 116,229 = 11,6229 \text{ cm}^2$$

Dipakai 4 tulangan D25 ($A_{s \text{ pakai}} = 32,169 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak antar Tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 St &= \frac{b - 2d - 17D - 2.sengkan}{17 - 1} \\
 St &= \frac{200 - 2 \times 8 - 15 \times 3,2 - 2 \times 1,3}{15 - 1} = 9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek Jarak antar Tulangan samping :

$$\begin{aligned}
 St &= \frac{t - 2d - 17D - 2.sengkan}{17 - 1} \\
 St &= \frac{100 - 2 \times 8 - 4 \times 2,5 - 2 \times 1,3}{4 - 1} = 8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Penulangan Poer Arah Y

$$M_y = 203,8 \text{ tm}$$

$h/b = 100/200 = 0,5$ poer ini didesain sebagai pelat dengan $\delta = 0$.

$$\phi_o = 0,915$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\left(\frac{n \cdot M_x}{b \cdot \sigma_a}\right)}} = \frac{87,5}{\sqrt{\left(\frac{17,54 \cdot 20380000}{200 \cdot 1850}\right)}} = 2,8183$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0$. dan $Ca = 2,8183$, dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 1,415 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

180

$$100n\omega = 14,620$$

Sehingga,

$$\omega = 14,620 / (100 \times 17,54) = 0,008$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,008 \times 200 \times 87,2 \\ &= 146,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai 19 tulangan D32 ($A_{s \text{ pakai}} = 146.2 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 146,72 = 14,62 \text{ cm}^2$$

Dipakai 4 tulangan D25 ($A_{s \text{ pakai}} = 32,17 \text{ cm}^2$)

Cek Jarak antar Tulangan :

$$St = \frac{b - 2d - 19D - 2xsengkan}{19 - 1}$$

$$St = \frac{200 - 2 \times 8 - 18 \times 3,2 - 2 \times 1,3}{19 - 1} = 7 \text{ cm}$$

Cek Jarak antar Tulangan :

$$St = \frac{b - 2d - 4D - 2xsengkan}{4 - 1}$$

$$St = \frac{200 - 2 \times 8 - 4 \times 2,5 - 2 \times 1,3}{4 - 1} = 8 \text{ cm}$$

Tabel 6.1.10 - Rekapitulasi Penulangan Pilecap

Tipe	Niai Ca	Letak tulangan	Tulangan Pakai
Pilecap Arah x	3,171	Tulangan Tarik	15D32-80
		Tulangan samping	4D25-80
Pilecap Arah y	2,8183	Tulangan Tarik	19D32-80
		Tulangan samping	4D25-80

6.2.3.3.3. Kontrol

Retak

Menuru PBI 1971 lebar retak untuk beton diluar bangunan yang tidak terlindung dari hujan dan terik matahari disyaratkan besarnya tidak lebih dari 0,01 cm. Rumus untuk mencari lebar retak adalah sebagai berikut :

$$w = \alpha \left((C3 \times C) + \left(C4 \times \frac{d}{\omega p} \right) \right) \times \left(\sigma a - \frac{C5}{\omega p} \right) 10^{-6} cm$$

Dimana,

$$C3 = 1,50$$

$$C4 = 0,16$$

$$C5 = 30$$

$$\omega p = A/Bt = 6716,1/(1200 \times 1200) = 0,00467$$

$$\sigma a = 2250 \text{ kg/cm}^2$$

$$c = 8 \text{ cm}$$

$$d = 3,2 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1$$

Maka,

$$w = 1 \left((1,5 \times 8) + \left(0,16 \times \frac{3,2}{0,001} \right) \right) \times \left(1850 - \frac{30}{0,001} \right) 10^{-6} cm$$

$$ww = -21,162 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{OK (tidak terjadi retak)}$$

Tabel 6.1.11 – Rekapitulasi hasil kontrol Retak Pilecap

Tipe Pelat	Arah	wp	w	Keterangan
Pilecap	x	0,00083776	-21,1622573	tidak retak
	y	0,00106116	-13,06491299	tidak retak

Kemampuan tulangan menahan gaya geser

$$Ah = \frac{P}{(\sigma' a \times \mu)} = \frac{189,788}{1850 \times 1,4} = 0,1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

Memakai tulangan 15 D32 ($A_s = 15 \times 401,92 = 6028,8 \text{ mm}^2$)

$A_h = 100 \text{ mm}^2 < A_s = 6028,8 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$

Maka tulangan 15 D32 mampu menahan tegangan geser

Geser Pons

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \times (c + ht) \times ht} \leq \tau_{bm}$$

Dimana :

P = gaya aksial_{max} yang bekerja pada tiang pancang
= 189788 kg

c = diameter tiang pancang = 100 cm

ht = tinggi total pilecap atau poer = 100 cm

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)
= $0,65\sqrt{350} = 12,16 \text{ kg/cm}^2$

τ_{bp} = tegangan aktual yang terjadi pada beton

Maka :

$$\tau_{bp} = \frac{189788}{3,14 \times (100 + 100) \times 100} \leq \tau_{bm} = 12,16 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bp} = 3,022 \text{ kg/cm}^2 \leq \tau_{bm} = 12,16 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka pile cap tunggal aman dari keruntuhan akibat gaya geser pons

Kekuatan Tulangan Terhadap Gaya Tarik pada Sambungan antara Tiang Pancang-Pile Cap-Balok

Kontrol kemampuan tiang pancang dalam menahan gaya aksial Tarik terbesar yang terjadi pada tiang pancang. Dari permodelan struktur menggunakan SAP 2000 didapatkan besarnya gaya aksial Tarik adalah :

P = 42,02 ton

Beberapa hal yang harus dikontrol adalah :

- a) Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam tiang pancang

Digunakan 8 D22, $f_y=390$ Mpa ($A_s = 1,9 \text{ cm}^2$)

$$P_{nt} = A_s \times n \times f_y \times \phi$$

$$= 1,9 \times 8 \times 3900 \times 0,8 = 47424 \text{ kg}$$

$$P_{nt} = 47,424 \text{ ton} > P = 42,02 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{OK}$$

- b) Panjang penyaluran tulangan tiang pancang kedalam pile cap
Direncanakan panjang penyaluran tulangan adalah 25 cm

$$L = P / (n \times \pi \times d \times f_r)$$

$$f_r = 0,7\sqrt{f_c'} = 0,7\sqrt{29} = 3,77 \text{ Mpa} = 37,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 42020 / (8 \times 3,14 \times 2,2 \times 37,7) = 20,158 \text{ cm}$$

$$L_{pakai} = 25 \text{ cm} > L = 20,158 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

- c) Kuat tarik tulangan angker pada pile cap ke balok

Digunakan 12 D32, $f_y=390$ Mpa ($A_s = 4,02 \text{ cm}^2$)

$$P_{nt} = A_s \times n \times f_y \times \phi$$

$$= 4,02 \times 12 \times 3900 \times 0,8 = 150508,8 \text{ kg}$$

$$P_{nt} = 150,51 \text{ ton} > P = 42,02 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{OK}$$

- d) Kebutuhan panjang penyaluran tulangan angker
Mengikuti panjang penyaluran tulangan tiang pancang kedalam pilecap. **Maka direncanakan panjang penyaluran tulangan adalah 25 cm.**

Kekuatan Tulangan dan Beton pada Sambungan antara Tiang Pancang-Pile Cap-Balok dalam Menerima Gaya Geser

Gaya horizontal yang terjadi pada tiang pancang dianggap sebagai gaya geser. Dari permodelan struktur menggunakan SAP 2000 maka besarnya gaya geser maksimum adalah :

$$P = 9,7 \text{ ton} = 9700 \text{ kg}$$

Beberapa hal yang harus dikontrol adalah :

- a) Kekuatan geser dari tulangan yang berada didalam tiang pancang

Digunakan 8 D22, $f_y=390$ Mpa ($A_s = 1,9 \text{ cm}^2$)

$$P_{ng} = A_s \times n \times f_y \times \emptyset$$

$$= 1,9 \times 8 \times 3900 \times 0,75 = 44460 \text{ kg}$$

$$P_{ng} = 44,46 \text{ ton} > P = 9,7 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- b) Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horizontal

$$\text{Kekuatan beton disekeliling tulangan (F)} = n \times L \times d \times f_c'$$

Dimana :

$$L = \text{panjang tulangan diatas pile cap} = 25 \text{ cm}$$

$$f_c' = 290 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$F = 8 \times 25 \times 2,2 \times 290 = 127600 \text{ kg}$$

$$F = 127600 \text{ kg} > P = 9700 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- c) Kuat geser tulangan angker pada pile cap ke balok

Digunakan 12 D32, $f_y=390$ Mpa ($A_s = 4,02 \text{ cm}^2$)

$$P_{ng} = A_s \times n \times f_y \times \emptyset$$

$$= 4,02 \times 12 \times 3900 \times 0,8 = 150508,8 \text{ kg}$$

$$P_{ng} = 150,51 \text{ ton} > P = 9,7 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kekuatan Tulangan Angker pada Sambungan antara Pile Cap-Balok dalam Menerima Momen

Momen maksimum yang terjadi pada ujung tiang pancang akibat kombinasi beban 1DL + 1LL + 1GX dari permodelan struktur menggunakan SAP 2000 dihasilkan :

$$M_u = 61,212 \text{ tonm} = 612121000 \text{ kgmm}$$

$$T_{ijin} = P_{nt}/n = 150508,8/12 = 12542,4 \text{ kg}$$

6.2.4 Perencanaan Pondasi

6.2.4.1. Tipe Pondasi

Pondasi yang akan digunakan adalah pondasi tiang pancang berbahan baja atau disebut dengan *steel pipe pile*. Terdapat Satu jenis tiang pancang dalam perencanaan *loading platform*, yaitu tiang pancang tegak.

6.2.4.2 Data Perencanaan Tiang Pancang

Material type	= steel
Outside diameter (OD)	= 1016,0 mm
Thickness (t)	= 19 mm
Weight (W)	= 457 kg/m
Area of Cross Section (A)	= 595,10 cm ²
Moment of Inertia (I)	= 740 x 10 ³ cm ⁴
Section Modulus	= 146 x 10 ² cm ³
Radius of Gyration (r)	= 35,20 cm
Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
Area of Outer Surface (fu)	= 3,19 m ² /m

6.2.4.3. Gaya dan Momen

Pada sub bab perencanaan balok telah dilakukan permodelan struktur *loading platform* menggunakan SAP 2000. Maka didapatkan hasil gaya dan momen pada tiang pancang sebagai berikut :

Tiang Pancang Tegak

Gaya aksial tekan	= 97,3 ton
Gaya aksial tarik	= 42,02 ton
Gaya lateral	= 3,4 ton
Momen	= 61,26789 tonm

6.2.4.4. Kebutuhan Kedalaman Tiang Pancang

Tiang pancang mengalami tarik dan tekan. Dalam menghitung kedalaman yang dibutuhkan oleh gaya tarik digunakan daya dukung tanah pada selimut tiang (Q_s) sedangkan untuk gaya tekan digunakan daya dukung tanah pada selimut dan ujung tiang (Q_L) dengan faktor keamanan ($SF = 3$). Daya dukung tanah sudah dihitung pada bab sebelumnya dengan menggunakan titik B2 (area Island Berth) sebagai acuan data tanah pada *loading platform*. Daya dukung tanah selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 3.13**.

6.2.4.4.1. Tiang Pancang Tegak

Tiang Tekan

$$P = 97,3 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_L = 3 \times P = 3 \times 97,3 = 292 \text{ ton}$$

Daya dukung tanah yang dibutuhkan agar dapat memikul gaya tersebut adalah tanah pada kedalaman tiang 25 m dari seabed atau pada elevasi -40 m dari elevasi dermaga.

Tiang Tarik

$$P = 42,02 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_s = 3 \times P = 3 \times 42,02 = 126,06 \text{ ton}$$

Daya dukung tanah yang dibutuhkan agar dapat memikul gaya tersebut adalah tanah pada kedalaman tiang 10 m dari seabed, karna kedalaman tiang kurang dari kedalaman titik jepit, maka digunakan kedalaman sesuai titik jepit yaitu 13,5 m dari seabed atau pada elevasi -28,5 m dari elevasi dermaga.

Maka kedalaman yang dibutuhkan untuk tiang pancang tegak adalah 25 m atau pada elevasi -40 m.

6.3 PERHITUNGAN STRUKTUR MOORING DOLPHIN

6.3.1 Umum

Mooring dolphin berfungsi sebagai tempat tambatan kapal sehingga diperlukan pendefinisian beban-beban yang bekerja serta pendetailan yang baik. Struktur Mooring Dolphin terdiri dari poer pada struktur atas dan tiang pancang pada struktur bawah. Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antar ujung tiang pancang, sehingga sekaligus berfungsi sebagai balok dan pelat.

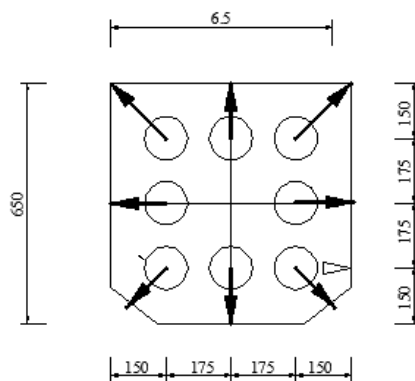
6.3.2 Perhitungan Struktur

6.3.2.1 Konfigurasi Tiang Pancang dan Poer

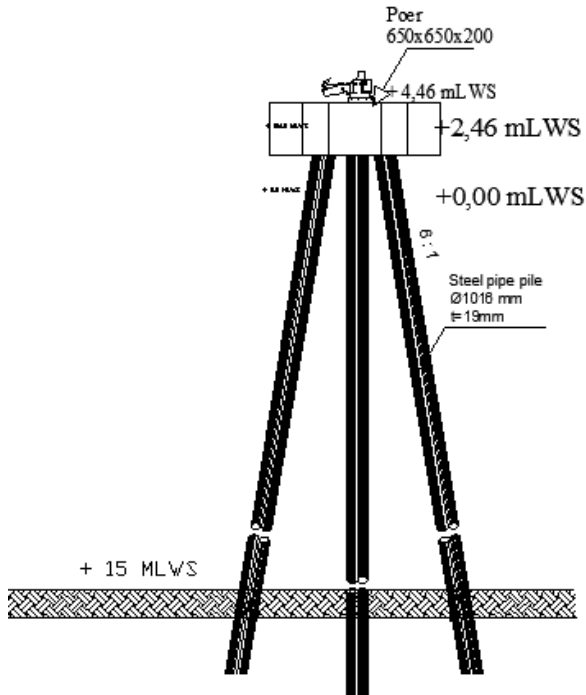
Pada struktur mooring dolphin diperlukan konfigurasi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja, supaya menghasilkan kinerja yang maksimal pada struktur. Dalam tugas akhir ini, mooring dolphin direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut :

- Jenis poer : Poer, dengan 8 tiang
- Bentuk : persegi, dengan dimensi 6,5 x 6,5 m
- Tebal : 2 m
- Kemiringan : 1 : 6

Layout mooring dolphin dapat dilihat pada **gambar 6.3.1**.



Gambar 6.3.1 - Layout Mooring



Gambar 6.3.2 - Tampak Samping struktur

6.3.2.2 Pembebanan Struktur

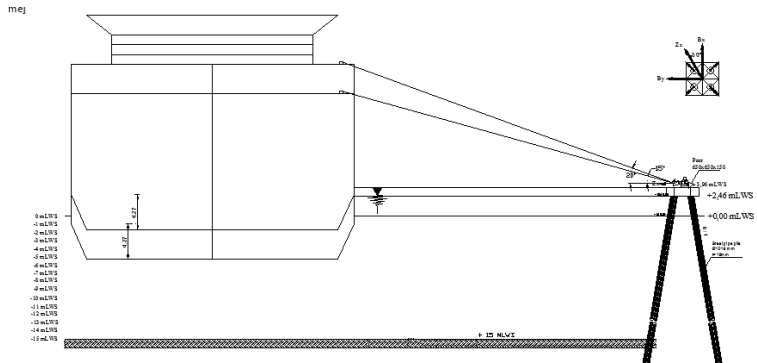
a. Beban Mati

Beban mati akibat berat sendiri struktur

Berat jenis beton bertulang diambil sebesar 2.9 t/m^3 . Untuk berat sendiri poer dan berat sendiri steel pile sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 V14.0.0 dan diidentifikasi sebagai beban mati.

Beban mati terpusat (Point load)

Akibat catwalk sebesar	= 22,000 ton
Akibat catwalk 2	= 15,8 ton
Berat Bollard	= 2 ton



Gambar 6.3.4 – Sudut Vertikal pada mooring Dolphin saat Kapal draft minimum

$$\begin{aligned}
 \text{Sumbu } z &: 150 \text{ ton } \sin 5^\circ = 13,073 \text{ ton} \\
 \text{Sumbu } x &: (150 \text{ ton } \cos 5^\circ) \sin 60^\circ = 129,4 \text{ ton} \\
 \text{Sumbu } y &: (150 \text{ ton } \cos 5^\circ) \cos 60^\circ = 74,715 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Beban gempa

Lokasi dermaga *Island Berth* terletak di Bontang yang berada pada wilayah dengan jenis tanah sedang. Perhitungan gaya gempa dihitung dengan cara respon spektrum dinamis pada program SAP2000 V14.0.0.

6.3.2.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai dalam perencanaan struktur mooring dolphin ini adalah:

- 1,0DL + 1,0LL
- 1,0DL + 1,0LL + 1,0B
- 1,0DL + 0,5LL + GX + 0.3 GY
- 1,0DL + 0,5LL + GY + 0.3 GX

Dimana:

- DL = beban mati dan berat sendiri struktur
- LL = beban hidup merata pada struktur
- B = beban tarik kapal pada bollard
- Gx = beban gempa arah X

Gy = beban gempa arah Y

Titik Jepit Tiang Pancang

Data Tiang Pancang :

Material type	= steel
Outside diameter (OD)	= 1016,0 mm
Thickness (t)	= 19 mm
Weight (W)	= 457 kg/m
Area of Cross Section (A)	= 595,10 cm ²
Moment of Inertia (I)	= 740 x 10 ³ cm ⁴
Section Modulus	= 146 x 10 ² cm ³
Radius of Gyration (r)	= 35,20 cm
Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
Area of Outer Surface (fu)	= 3,19 m ² /m

Untuk jenis tanah Normally Consolidated Clay, besarnya titik jepit tiang menggunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8T$$

Dengan $T = \sqrt[5]{EI/nh}$; nh diambil sebesar 700 kN/m³.

$$\text{Sehingga } T = \sqrt[5]{\frac{2100000 \times 740000}{700 \times 98,1/1000000}} = 742,911 \text{ cm} = 7,911 \text{ m}$$

- *Point of Virtual Fixity (Zf)* = 1,8 x 7,911
= 13,372 m (dibawah *seabed*)
- Tinggi Struktur = 15+2,46 m = 17,46 (diatas *seabed*)
- Tinggi Struktur (dari *Zf*) = 13,372 m + 17,46 m = 30,83 m = 31 m

6.3.2.4 Penulangan Poer

Penulangan poer pada struktur mooring dolphin ini merupakan jenis poer ganda dengan data sebagai berikut :

p	= 650 cm	; d	= 8 cm
l	= 650 cm	; D	= 3,2 cm
h	= 150 cm	; As	= 8,04 cm ²

Data bahan :

Mutu Beton

$$\sigma_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\ E_b &= 1,197 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Mutu Baja

$$\begin{aligned}\sigma_{au} &= 2780 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \\ E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ n &= \text{Angka ekivalensi antara modulus elastisitas} \\ &\quad \text{baja dengan modulus tekan beton}\end{aligned}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,197 \times 10^5} = 17,15$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{17,54 \cdot 115,5} = 0,913$$

perhitungan tinggi manfaat :

$$\begin{aligned}h_x &= h - d - 0,5D &= 180,4 \text{ cm} \\ h_y &= h - d - D - 0,5D &= 188,2 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada pelat didapatkan:

$$\begin{aligned}M_{\text{slab 1-1}} &= 73381 \text{ kg.m} \\ \text{Combo} &= 1,0\text{DL}+1,0\text{LL}+1,0\text{F} \\ M_{\text{slab 2-2}} &= 73381 \text{ kg.m} \\ \text{Combo} &= 1,0\text{DL}+1,0\text{LL}+1,0\text{F}\end{aligned}$$

a. Penulangan Poer Arah X

$$M_x = -73381 \text{ kgm}$$

$h/b = 150/650 = 0,4 < 0,5$, sehingga poer ini didesain sebagai pelat dengan $\delta = 0$.

$$\phi_o = 0,913$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{190,4 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{17,5 \times 4 \times 7338100 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} = 7,218$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0$ dan $Ca = 7,218$ dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 4,494 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

$$100n\omega = 2,025$$

Sehingga,

$$\omega = 2,025 / (100 \times 17,54) = 0,0012$$

Luas Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$\begin{aligned} As &= \omega b h \\ &= 0,0012 \times 100 \times 190,4 \\ &= 21,982 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 6D25 - 120 ($As_{\text{pakai}} = 29,4524 \text{ cm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$Asd = 10\% \times 21,982 = 2,1982 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan 4D16 - 240 ($As_{\text{pakai}} = 8,045 \text{ cm}^2$)

b. Penulangan Poer Arah Y

$$My = -73381 \text{ kgm}$$

$h/b = 200/650 = 0,3 < 0,5$, sehingga poer ini didesain sebagai pelat dengan $\delta = 0$.

$$\phi_o = 0,913$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{190,4 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{17,5 \times 4 \times 7338100 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} = 7,218$$

Dengan menggunakan nilai $\delta = 0$ dan $C_a =$ dari tabel n-lentur didapat :

$$\Phi = 4,494 > \phi_o \quad (\text{OK})$$

$$100n\omega = 2,025$$

Sehingga,

$$\omega = 2,025 / (100 \times 17,54) = 0,0012$$

Luas Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,0012 \times 100 \times 190,4$$

$$= 21,982 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan 6D25 - 120 (} A_{s \text{ pakai}} = 29,4524 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 21,982 = 2,1982 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan 4D16 - 240 (} A_{s \text{ pakai}} = 8,045 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Kebutuhan Tulangan

Kebutuhan tulangan tarik = $2198/490 = 4$ buah dalam 1 m

Kebutuhan tulangan samping = $6,589/490 = 4$ buah dalam 1 m

Kebutuhan tulangan dalam jarak 6,5 meter = $6,5 \times 5 = 32,5$
= 34 buah

6.4.2.5 Kontrol Geser Pons

Pada struktur breasting dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer dan kemungkinan besar terjadi plong pada poer tersebut. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'bk}$)

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{230,307 \times 10^3}{\pi \cdot (10,16 + 150) \cdot 150} \leq 0,65\sqrt{350}$$

$$\tau_{bp} = 0,9723 \text{ kg/cm}^2 \leq 12,16 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

6.4.3 Perhitungan Substruktur

Data Tiang Pancang :

D1	= 1016,0 mm
D2	= 977
Thickness (t)	= 19 mm
Weight (W)	= 457 kg/m
Area of Cross Section (A)	= 595,10 cm ²
Moment of Inertia (I)	= 740 x 10 ³ cm ⁴
Section Modulus	= 146 x 10 ² cm ³
Radius of Gyration (r)	= 35,20 cm
Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
Area of Outer Surface (fu)	= 3,19 m ² /m

Pada perencanaan struktur Mooring Dolphin ini, tiang pancang yang digunakan hanya tiang pancang miring dengan kemiringan 1:6. Untuk grafik daya dukung tanah berdasarkan tiang pancang rencana dapat dilihat pada Bab 3 subbab 3.6 tabel 3.3. Sedangkan analisa hasil nilai N-SPT dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Rekapitulasi gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6.3.1 - Rekap gaya dalam tiang

Tipe tiang	beban	Kombinasi	Besar	
miring	P (tekan)	DL+LL+B	270,307	Ton
	P (tarik)	DL+LL+B	42,876	Ton
	V	DL+LL+B	5,895	Ton
	M	DL+LL+B	73,381	Tm
	U	DL+LL+B	0,01569	m

(Sumber: analisis SAP2000)

Perencanaan tiang tekan

Berdasarkan tabel di atas, diambil nilai P_{tekan} terbesar dengan nilai 270,307 ton, sehingga :

$$Q_L = 3 \times 270,307 = 810,921 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, pada sub bab 3.6 tabel 3.3 kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -46 m dari *seabed* atau -61 mLWS.

Perencanaan tiang tarik

Berdasarkan tabel di atas, diambil nilai P_{tarik} terbesar dengan nilai 42,876 ton, sehingga :

$$Q_s = 3 \times 42,876 = 128,628 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, , pada sub bab 3.6 tabel 3.3 kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -10 m dari *seabed* karena titik jepit berada pada 13,5 m, maka di gunakan kedalaman sesuai titik jepit atau -28,5 mLWS.

Kontrol tiang pancang terhadap korosi

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3 mm. Sesuai dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana} = 1016 - 2 \times 3 = 1010 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 997 + 2 \times 3 = 1003 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0,25 \pi (D1^2 - D2^2) \\ &= 0,25 \pi (1010^2 - 1003^2) \\ &= 30039,123 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= 1/64 \pi (D1^4 - D2^4) \\ &= 1/64 \pi (1010^4 - 1003^4) \\ &= 380420,2 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (W)} &= I/r \\ &= 380420,2 / 35,2 \\ &= 10807,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ijin} &= \sigma_{ijin} \times W \\ &= 2900 \times 10807,4 \\ &= 313,414 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_{ijin} > M_u (45,709 \text{ m}) \dots\dots (\text{OK})$$

Perhitungan kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai adalah *Alfred Hilley Formula*

$$Qu = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot Wp}{W + Wp}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

- S = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan
 S' = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan
 Qu = 352,806 ton
 W = 10 ton (*hydraulic hammer*)
 H_{hammer} = 2 m, tinggi jatuh hammer untuk kondisi normal
 C1 = 5 mm (*untuk hard cushion + packing*)
 C2 = 10 mm (*Steel Pile*)
 C3 = 4 (*soft ground*)
 C = c1 + c2 + c3 = 19 mm
 W_{tiang} = $\omega \times l = 0,3301 \times (23,178^2 + (23,178/6)^2)^{0,5}$
 = 7,76 ton
 α = 2,5 (*hydraulic hammer*)
 n = 0,32 (*untuk compact wood cushion on steel pile*)

Maka

$$352,806 = \frac{2,5 \cdot 10 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{10 + 0,32^2 \cdot 8,23}{10 + 8,23}$$

$$S = 0,0748 \text{ m} = 74,8 \text{ mm}$$

Jadi setting kalendering yang digunakan untuk tiang pancang ini adalah 74,8 mm.

Kontrol kuat tekuk

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 3804202}{(1337,2 + 1850)^2} = 230287015 \text{ kg} = 2302,87 \text{ ton}$$

P_{cr} > P_u (230,307 ton) (OK)

Kontrol Gaya Horisontal

$$\begin{aligned}
 H_u &= \frac{2Mu}{(Z_f + e)} \text{ (Tomlinson)} \\
 &= \frac{2 \times 239.979}{(8.048 + 18,5)} = 18,064 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$H = 3,812 < H_u \dots (\text{OK})$$

Kontrol Tegangan

$$P = 230,307 \text{ kg}$$

$$M = 4780900 \text{ kgcm}$$

$$A = 221,87 \text{ cm}^2$$

$$W = 8268,72 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{M}{W} = \frac{230307}{221,87} + \frac{7338100}{8268,72} = 1925,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{ijin}} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol Tiang Berdiri Sendiri

$$\omega t = 1,73 \sqrt{\frac{E \cdot I}{w \cdot l^3 / g}}$$

$$l = (e^2 + e/6^2)^{0.5} = 18,514 \text{ m} = 1851,4 \text{ cm}$$

$$w = \omega \times l = 330.1 \times 1851,4 = 6111,433 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ cm/s}^2$$

Sehingga,

$$\omega t = 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \cdot 380420,2}{6111,433 \cdot 1851,388^3 / 981}} = 7,777 \text{ s}^{-1}$$

Maka:

$$\omega_{\text{gelombang}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{11,2} = 0,0893 \text{ s}^{-1}$$

Karena frekuensi tiang lebih besar dari frekuensi gelombang, maka tiang cukup aman untuk berdiri sendiri dalam pelaksanaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

6.4. Perencanaan struktur catwalk

6.4.1. Umum

Struktur catwalk pada dermaga berfungsi sebagai penghubung antar struktur dolphin. Dalam perencanaan tugas akhir ini direncanakan struktur catwalk sebagai berikut :

- a. Panjang Catwalk 1 = 24 meter
- b. Panjang Catwalk 2 = 28 meter
- c. Panjang Catwalk 3 = 30 meter
- d. Lebar = 2 meter
- e. Jarak balok memanjang = 1,5 meter
- f. Tinggi = 1,5 meter

6.4.2. Perencanaan balok utama

6.4.2.1 Spesifikasi balok utama

Dalam perencanaan catwalk ini, direncanakan menggunakan profil Circular Hollow Section (CHS), dengan spesifikasi sebagai berikut:

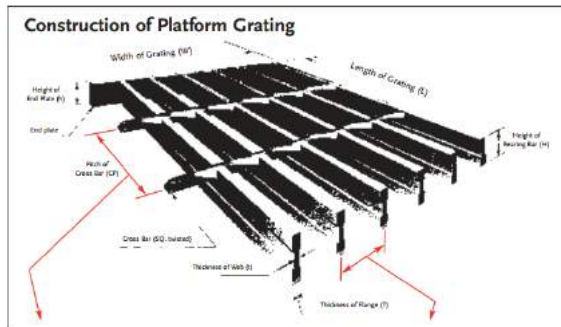
- a. Material type = coldformed
- b. Nominal bore (mm) = 200 mm
- c. Outside diameter (OD) = 219,1 mm
- d. Thickness (t) = 10 mm
- e. Weight (W) = 51,59 kg/m
- f. Area of Cross Section (A) = 65,72 cm²
- g. Outer Surface Area (cm²/m) = 6886
- h. Moment of Inertia (I) = 3599,89 cm⁴
- i. Section Modulus = 328,61 cm³
- j. Radius of Gyration (r) = 7,40 cm
- k. Young Modulus (E) = 2100000 kg/cm²
- l. Tensile Stress (fu) = 5000 kg/cm²
- m. Yield Stress (fy) = 2900 kg/cm²

6.4.2.2 Pembebanan pada balok utama

Beban – beban yang terjadi pada catwalk, antara lain :

- Berat sendiri pada balok utama CHS 250, $T_{wall} = 10,00$ mm
- Berat pelat injakan (*grating platform*)

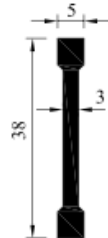
Pelat injak direncanakan dengan menggunakan pelat *grating*, plat jenis *grating* ini dipilih dengan pertimbangan agar tidak terjadi genangan air pada pelat injak struktur catwalk. Pelat *grating* ini dapat dilihat seperti pada gambar 6.4.1 :



Gambar 6. 4.1 Pelat I Bar grating
(Sumber : www.rhino-grating.com.au)

Spesifikasi pelat I Bar grating yang digunakan dalam perencanaan berdasarkan adalah sebagai berikut :

- Grating code = RG3853/30/IB
- Length x width = 1950 x 1500 mm
- Loading bar size = 38x5x3
- Weight (kg/m^2) = 43,9 kg/m^2
- Jarak balok melintang = 1500 mm
- Serrated factors :
- S (stress in kg/mm^2) = 0,87 kg/mm^2
- D (deflection in mm) = 1,20 mm
- Young modulus E = 2100000 kg/cm^2



Nilai tegangan dan defleksi pada spesifikasi diatas merupakan nilai pada saat pembebanan uniform load sebesar 300 kg/m^2 . Sedangkan untuk beban uniform load yang lain, dapat dihitung defleksi dan tegangannya sebagai berikut :

Length x width = $1950 \times 1500 \text{ mm}$

Design uniform load = $2,5 \text{ kPa}$ (*no public use*)

Perhitungan didasarkan pada faktor korelasi sesuai pada tabel 6.11 :

Tabel 6. 4.1 Faktor tegangan dan defleksi

Uniform Load kg/m^2	200	250	300	400	500	750
Factor (i)	0.67	0.83	1	1.33	1.67	2.5

(Sumber : www.rhino-grating.com.au)

Factor (i) = $0,83$ (lihat tabel tegangan)

Stress (S) = $4,56 \times 0,83 = \mathbf{3,785 \text{ kg/mm}^2}$

Deflection (D) = $4,44 \times 0,83 = \mathbf{3,685 \text{ kg/mm}^2}$

Jadi tiap segmen mengalami tegangan dan defleksi sebesar nilai tersebut diatas untuk beban hidup 250 kg/m^2 . Selanjutnya dalam permodelan SAP2000 *grating-plat* dimodelkan sebagai beban ($W_{\text{grating}} = 43,9 \text{ kg/m}^2$).

c. Beban hidup terbagi merata

Beban hidup yang terjadi pada catwalk direncanakan sebesar $2,5 \text{ kPa} = 250 \text{ kg/m}^2$ untuk jembatan pejalan kaki.

d. Beban angin

Beban angin yang membebani struktur catwalk direncanakan sebesar 40 kg/m^2 . Hal ini dikarenakan lokasi perencanaan berada di tengah laut dan beban bekerja pada satu sisi dari catwalk.

6.4.2.3 Perhitungan Struktur Catwalk

Kombinasi yang dipergunakan dalam perencanaan struktur catwalk diambil dari pembebanan struktur pada SNI-03-2847-2013 sebagai berikut :

- a. 1,4 DL
- b. 1,2 DL + 1,6 LL
- c. 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 W
- d. 0,9 DL + 1,6 W

Dimana:

DL = beban mati dan berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata pada struktur

W = beban akibat oleh angin pada struktur

-Struktur catwalk 24 meter

Tabel 6.4.1 Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Utama

Beban	Kombinasi	Frame/Join	Nilai	
P (tekan)	1,2D+1,6L		9,249	tonf
P (tarik)	1,2D+1,6L		63,206	tonf
V	1,2D+1,6L		3,3054	tonf
M	1,2D+1,6L		3,5013	tonf-m
u	1,2D+1,6L	70	0,003449	m
Reaksi	1,2D+1,6L	9,10,22,23	7,9627	tonf

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)

Kontrol kekuatan Balok Utama 1 segmen (CHS 219,1 x 10)

- a. Kontrol Buckling

$$\lambda = D/t = 219,1 \text{ mm} / 10\text{mm} = 21,91$$

$$\lambda_p = 9000 / f_y = 9000 / 290\text{Mpa} = 31,034$$

(SNI-1729-2002 Tabel 7.5.1)* f_y dalam Mpa

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- b. Kontrol kelangsingan komponen

$$\begin{aligned}\lambda &= L/r = 240/7,4 \\ &= 32,43 < 240 \text{Ok!}\end{aligned}$$

- c. Kontrol kuat leleh

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0.9 A_g f_y \\ &= 0.9 \times 65,72 \times 2900 \\ &= 171529,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol kuat putus

$$\begin{aligned}A_n &= A_g = 65,72 \text{ cm}^2 \\ \Phi P_n &= 0.75 A_e f_u \\ &= 0.75 \times 65,72 \times 5000 \\ &= 246450 \text{ kg}\end{aligned}$$

- d. Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 246450 \text{ kg (Leleh Menentukan)} > P_{\text{tarik}} (63206 \text{ kg}) \text{Ok!} \\ S_f &= 3,197\end{aligned}$$

- e. Kontrol Gaya Tekan (Axial Force)

Menurut AISC LRFD

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 200}{7,40\pi} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} = 0,3198$$

Karena $\lambda_c < 1,5$ maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) x f_y$

$$\begin{aligned}F_{cr} &= (0,658^{\lambda_c^2}) * f_y \\ F_{cr} &= (0,658^{(0,3198)^2}) \times 2900 \\ &= 2778,482 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_n &= 0.85 F_{cr} \times A_g \\ &= 0.85 \times 2778,482 \times 65,72 \text{ cm}^2 \\ &= 155211,5615 \text{ kg}\end{aligned}$$

$P_n > P_{\text{actual}} (9249 \text{ kg}) \text{ Ok!}$

$$S_f = 16,78$$

- f. Kontrol Geser Bahan (Shear Force)

$$\begin{aligned}V_n &= 0.9 F_{cr} \times A_g / 2 \\ &= 0.9 \times 2778,482 \times 65,72 / 2\end{aligned}$$

$$= 82170,82 \text{ kg}$$

$$V_n (82170,82 \text{ kg}) > V_{\text{aktual}} (3305,4 \text{ kg}) \dots \text{Ok!}$$

g. Kontrol Tegangan Bahan (Yield Strength)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{S}$$

$$= \frac{9249}{65,72} + \frac{3501,3}{328,61} = 972,402 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} (0,4x f_y \text{ kg/cm}^2) > \sigma_{\text{aktual}} (972,402 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_{\text{ijin}} (1160 \text{ kg/cm}^2) > \sigma_{\text{aktual}} (972,402 \text{ kg/cm}^2)$$

Dengan SF = 1,2 ... Ok!

h. Kontrol Lendutan Ijin

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{200}{180} = 1,11 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} (1,11 \text{ cm}) > \Delta_{\text{aktual}} (0,344 \text{ cm}) \dots \text{Ok!}$$

- **Struktur catwalk 28 meter**

Tabel 6.4.2 - Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Utama

P (tekan)	1,2D+1,6L		10,092	tonf
P (tarik)	1,2D+1,6L		73,73915	tonf
V	1,2D+1,6L		3,3899	tonf
M	1,2D+1,6L		3,9641	tonf-m
u	1,2D+1,6L	7	0,004277	m
Reaksi	1,2D+1,6L	1,2,9,10	8,6269	tonf

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)

Kontrol kekuatan Balok Utama 1 segmen (CHS 219,1 x 10)

a. Kontrol Buckling

$$\lambda = D/t = 219,1 \text{ mm} / 10 \text{ mm} = 21,91$$

$$\lambda_p = 9000 / f_y = 9000 / 290 \text{ Mpa} = 31,034$$

(SNI-1729-2002 Tabel 7.5.1)* f_y dalam Mpa

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

- b. Kontrol kelangsingan komponen

$$\begin{aligned}\lambda &= L/r = 280/7,4 \\ &= 37,83 < 200 \text{ Ok!}\end{aligned}$$

- c. Kontrol kuat leleh

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0.9 A_g f_y \\ &= 0.9 \times 65,72 \times 2900 \\ &= 171529,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

- d. Kontrol kuat putus

$$\begin{aligned}A_n &= A_g = 65,72 \text{ cm}^2 \\ \Phi P_n &= 0.75 A_e f_u \\ &= 0.75 \times 65,72 \times 5000 \\ &= 246450 \text{ kg}\end{aligned}$$

- e. Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 246450 \text{ kg (Leleh Menentukan)} > P_{\text{tarik}} \\ &= (73739,15 \text{ kg}) \text{ Ok!} \\ S_f &= 3,34\end{aligned}$$

- f. Kontrol Gaya Tekan (Axial Force)

Menurut AISC LRFD

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 200}{7,40\pi} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} = 0,3198$$

Karena $\lambda_c < 1,5$ maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

$$\begin{aligned}F_{cr} &= (0,658^{\lambda_c^2}) f_y \\ F_{cr} &= (0,658^{(0,3198)^2}) \times 2900 \\ &= 2778,482 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_n &= 0.85 F_{cr} \times A_g \\ &= 0.85 \times 2778,482 \times 65,72 \text{ cm}^2 \\ &= 155211,5615 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$P_n > P_{\text{actual}} (10092 \text{ kg}) \text{ Ok!}$$

$$S_f = 15,38$$

g. Kontrol Geser Bahan (Shear Force)

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0.9 F_{cr} \times A_g / 2 \\
 &= 0.9 \times 2778,482 \times 65,72 / 2 \\
 &= 82170,82 \text{ kg} \\
 V_n (82170,82 \text{ kg}) &> V_{\text{aktual}} (3389,9\text{kg}) \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

h. Kontrol Tegangan Bahan (Yield Strength)

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{aktual}} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{S} \\
 &= \frac{10092}{65,72} + \frac{3964,1}{328,61} = 165,623 \text{ kg} \\
 \sigma_{\text{ijin}} (0,4x f_y \text{ kg/cm}^2) &> \sigma_{\text{aktual}} (165,623 \text{ kg/cm}^2) \\
 \sigma_{\text{ijin}} (1160 \text{ kg/cm}^2) &> \sigma_{\text{aktual}} (165,623 \text{ kg/cm}^2) \\
 \text{Dengan SF} &= 7 \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

i. Kontrol Lendutan Ijin

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{180} = \frac{280}{180} = 1,11 \text{ cm} \\
 \Delta_{\text{ijin}} (1,55 \text{ cm}) &> \Delta_{\text{aktual}} (0.427 \text{ cm}) \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

- **Struktur catwalk 30 meter****Tabel 6.4.4** - Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Utama

Beban	Kombinasi	Frame/Join	Nilai	
P (tekan)	1,2D+1,6L	58	15,4754	tonf
P (tarik)	1,2D+1,6L	147	98,27764	tonf
V	1,2D+1,6L	48	1,43976	tonf
M	1,2D+1,6L	6	2,56594	tonf-m
u	1,2D+1,6L	35	0,006519	m
Reaksi	1,2D+1,6L		11,113	tonf

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)

Kontrol kekuatan Balok Utama 1 segmen (CHS 219,1 x 10)

j. Kontrol Buckling

$$\lambda = D/t = 219,1 \text{ mm} / 10 \text{ mm} = 21,91$$

$$\lambda_p = 9000 / f_y = 9000 / 290 \text{ Mpa} = 31,034$$

(SNI-1729-2002 Tabel 7.5.1)* f_y dalam Mpa

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

k. Kontrol kelangsingan komponen

$$\lambda = L/r = 300 / 7,4$$

$$= 40,54 < 200 \dots \text{Ok!}$$

l. Kontrol kuat leleh

$$\Phi P_n = 0.9 A_g f_y$$

$$= 0.9 \times 65,72 \times 2900$$

$$= 171529,2 \text{ kg}$$

m. Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 65,72 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 A_e f_u$$

$$= 0.75 \times 65,72 \times 5000$$

$$= 246450 \text{ kg}$$

n. Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 246450 \text{ kg (Leleh Menentukan)} > P_{\text{tarik}}$$

$$(9827764 \text{ kg}) \dots \text{Ok!}$$

$$S_f = 2,5$$

o. Kontrol Gaya Tekan (Axial Force)

Menurut AISC LRFD

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 200}{7,40\pi} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} = 0,3198$$

Karena $\lambda_c < 1,5$ maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(0,3198)^2}) \times 2900$$

$$= 2778,482 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0.85 F_{cr} \times A_g \\
 &= 0.85 \times 2778,482 \times 65,72 \text{ cm}^2 \\
 &= 155211,5615 \text{ kg} \\
 P_n &> P_{\text{actual}} (15475,4 \text{ kg}) \dots\dots\dots \text{Ok!} \\
 S_f &= 10,029
 \end{aligned}$$

p. Kontrol Geser Bahan (Shear Force)

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0.9 F_{cr} \times A_g / 2 \\
 &= 0.9 \times 2778,482 \times 65,72 / 2 \\
 &= 82170,82 \text{ kg} \\
 V_n (82170,82 \text{ kg}) &> V_{\text{actual}} (14397,6) \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

q. Kontrol Tegangan Bahan (Yield Strength)

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{aktual}} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{S} \\
 &= \frac{15475,4}{65,72} + \frac{25659,4}{328,61} = 313,56 \text{ kg} \\
 \sigma_{\text{ijin}} (0,4x f_y \text{ kg/cm}^2) &> \sigma_{\text{aktual}} (313,56 \text{ kg/cm}^2) \\
 \sigma_{\text{ijin}} (1160 \text{ kg/cm}^2) &> \sigma_{\text{aktual}} (313,56 \text{ kg/cm}^2) \\
 \text{Dengan SF} &= 3,7 \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

r. Kontrol Lendutan Ijin

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{180} = \frac{300}{180} = 1,67 \text{ cm} \\
 \Delta_{\text{ijin}} (1,67 \text{ cm}) &> \Delta_{\text{aktual}} (0.652 \text{ cm}) \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

6.4.3. Perencanaan Kerangka Balok

6.4.3.1 Spesifikasi Kerangka Balok

Profil Circular hollow untuk kerangka balok yang direncanakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Material type	= coldformed
Nominal bore (mm)	= 80 mm
Outside diameter (OD)	= 88,9 mm
Thickness (t)	= 4,80 mm
Weight (W)	= 9,90 kg/m

Area of Cross Section (A)	= 12,70 cm ²
Outer Surface Area (cm ² /m)	= 2793
Moment of Inertia (I)	= 112,52 cm ⁴
Section Modulus	= 25,31 cm ³
Radius of Gyration (r)	= 2,98 cm
Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
Tensile Stress (fu)	= 5000 kg/cm ²
Yield Stress (fy)	= 2900 kg/cm ²

6.4.3.2. Pembebanan pada balok utama

- Berat sendiri pada balok utama CHS 250, $T_{wall} = 4,80$ mm
- Berat pelat injakan (*grating platform*)
Pelat injak direncanakan dengan menggunakan pelat *grating* seperti pada gambar 6.1
- Beban hidup terbagi merata
Beban hidup yang terjadi pada catwalk direncanakan sebesar 2,5 kPa = 250 kg/m² untuk jembatan pejalan kaki.
- Beban angin
Beban angin yang terjadi pada struktur catwalk direncanakan sebesar 40 kg/m². Hal ini dikarenakan lokasi perencanaan berada di laut dan beban bekerja pada satu sisi dari catwalk.

6.4.3.3. Perhitungan Struktur Catwalk

Kombinasi yang dipergunakan dalam perencanaan struktur catwalk sebagai berikut :

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,0 LL + 1,6 W
- 0,9 DL + 1,6 W

Dimana:

- DL = beban mati dan berat sendiri struktur
LL = beban hidup merata pada struktur

W = beban akibat oleh angin pada struktur

- **Struktur catwalk 24 meter**

Tabel 6.4.5 Output SAP2000 v14.2.2 Untuk Balok Kerangka

Beban	Kombinasi	Frame/joint	Nilai
P (tekan)	1,2D+1,6L	45,46,75,76	4.598 tonf
P (tarik)	1,2D+1,6L	47,48,73,74	4.752 tonf
V	1,2D+1,6L	31-39	0.264 tonf
M	1,2D+1,6L	31,39	0.0709 tonf-m
U	1,2D+1,6L	6,17	0.0092 m
Reaksi	1,2D+1,6L	1,11,12,22	2.245 tonf

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.0.0)

Kontrol kekuatan Balok Rangka 1 segmen (CHS 88,9 x 4,80)

a. Kontrol Buckling

$$\lambda = D/t = 88,9 \text{ mm} / 4,80 \text{ mm} = 18,52$$

$$\lambda_p = 9000 / f_y = 9000 / 290 \text{ Mpa} = 31,034$$

(SNI-1729-2002 Tabel 7.5.1) * f_y dalam Mpa

Karena $\lambda < \lambda_p$ maka profil kompak

b. Kontrol kelangsingan komponen

$$\lambda = L/r = 150 / 2,98$$

$$= 50,335 < 200 \text{ Ok!}$$

c. Kontrol kuat leleh

$$\Phi P_n = 0.9 A_g f_y$$

$$= 0.9 \times 12,70 \times 2900$$

$$= 33147 \text{ kg}$$

d. Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 12,70 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 A_e f_u$$

$$= 0.75 \times 12,70 \times 5000$$

$$= 47625 \text{ kg}$$

- e. Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 47625 \text{ kg (Leleh Menentukan)} > P_{\text{tarik}}$$

$$(4752 \text{ kg}) \dots \text{Ok!}$$

$$S_f = 10,02$$

- f. Kontrol Gaya Tekan (Axial Force)

Menurut AISC LRFD

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \cdot 200}{2,98 \pi} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} = 0,7943$$

$$\text{Karena } \lambda_c < 1,5 \text{ maka } F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(0,7943)^2}) \times 2900$$

$$= 2226,970 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} \times A_g$$

$$= 0,85 \times 2226,970 \times 12,70 \text{ cm}^2$$

$$= 24040,14115 \text{ kg}$$

$$P_n > P_{\text{aktual}} (4598 \text{ kg}) \dots \dots \dots \text{Ok!}$$

$$S_f = 5,22$$

- g. Kontrol Geser Bahan (Shear Force)

$$V_n = 0,9 F_{cr} \times A_g / 2$$

$$= 0,9 \times 2226,970 \times 12,70 / 2$$

$$= 12727,13 \text{ kg}$$

$$V_n (12727,13 \text{ kg}) > V_{\text{aktual}} (264 \text{ kg}) \dots \text{Ok!}$$

- h. Kontrol Tegangan Bahan (Yield Strength)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{S}$$

$$= \frac{4752}{12,70} + \frac{70,9}{25,293} = 376,976 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} (0,4 f_y \text{ kg/cm}^2) > \sigma_{\text{aktual}} (376,976 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_{\text{ijin}} (1160 \text{ kg/cm}^2) > \sigma_{\text{aktual}} (376,976 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Dengan SF} = 3,07 \dots \text{Ok!}$$

- i. Kontrol Lendutan Ijin

$$\frac{L}{180} = \frac{200}{180} = 1,11 \text{ cm}$$

$$\Delta_{ijin} (1,11 \text{ cm}) > \Delta_{aktual} (0.92 \text{ cm}) \dots \text{Ok!}$$

6.4.4 Perencanaan struktur bagian bawah catwalk

Perencanaan penulangan poer bantalan *catwalk*

Data perencanaan *poer*, sebagai berikut :

$$\text{Panjang (b)} = 300 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (h)} = 150 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi (t)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut beton (d)} = 8 \text{ cm}$$

Data bahan :

Mutu Beton :

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1200000 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja :

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Dtulangan = 22 mm (utama dan sengkang)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas
baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1200000} = 17,5$$

ϕ_o = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n
kali tegangan tekan beton di serat yang paling
tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{17,5 \cdot 115,5} = 0,915$$

perhitungan tinggi manfaat :

$$\begin{aligned} h_{arahX} = h_{arahY} &= h - d - D - 0,5D \\ &= 100 - 8 - 2,2 - (0,5 \times 2,2) \\ &= 88,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil SAP2000 v.14.2.2 untuk momen pada tiang pancang didapatkan:

$$M_{1-1} = 804902 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Kombinasi} = \text{DL} + 0.5\text{LL} + 0.3\text{Gx} + \text{Gy}$$

$$M_{2-2} = 1783671 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Kombinasi} = \text{DL} + 0.5\text{LL} + 0.3\text{Gx} + \text{Gy}$$

a. Penulangan Poer Arah X

$$M_y = 1783671 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_o = 0,915$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,7 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1783671 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} = 6,82$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 1$ (asumsi simetris, tulangan tekan dan tarik sama) dengan $Ca = 6,82$, dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 4,556$$

$$\Phi > \phi_o \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 2,189$$

Sehingga,

$$\omega = 2,189 / (100 \times 17,5) = 0,00125$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00125 \times 100 \times 88,7$$

$$= 1108,7 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 5 D22 ($As_{\text{pakai}} = 1899,7 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$Asd = 10\% \times 1899,7 = 189,97 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D22 ($As_{\text{pakai}} = 759,88 \text{ mm}^2$)

Tulangan Tekan :

Tulangan tekan direncanakan simetris ($\delta = 1$) sehingga,

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 1 \times 1899,7 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 5 D22 ($A_s = 1899,7 \text{ mm}^2$)

Kebutuhan tulangan tarik dan tekan adalah $= 3 \times 5 = 15$ D22

b. Penulangan Poer Arah Y

$$M_x = 804902 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_o = 0,915$$

$$\begin{aligned} Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,7 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{17,5 \times 804902 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} \times 1850}}} \\ &= 10,16 \end{aligned}$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 1$ (asumsi simetris, tulangan tekan dan tarik sama) dengan $Ca = 10,16$ dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 7,000$$

$$\Phi > \phi_o \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 0,919$$

Sehingga,

$$\omega = 0,919 / (100 \times 17,5) = 0,000525$$

Tulangan Tarik :

Dipasang :

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,000525 \times 100 \times 88,7 \\ &= 4,658 \text{ cm}^2 = 465,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4 D22 ($A_{s \text{ pakai}} = 1519,76 \text{ mm}^2$)

Tulangan Samping :

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik (PBI 1971 9.3.5).

$$A_{sd} = 10\% \times 15,19 = 1,519 \text{ cm}^2 = 151,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 2 D22 ($A_{s \text{ pakai}} = 759,88 \text{ mm}^2$)

Tulangan Tekan :

Tulangan tekan direncanakan simetris ($\delta = 1$) sehingga,

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 1 \times 15,19 \\ &= 15,19 \text{ cm}^2 = 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 4 D22 ($A_s = 1519,76 \text{ mm}^2$)

Kebutuhan tulangan tarik dan tekan adalah $= 1,5 \times 4 = 6$ D22

Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b lebar retak yang diijinkan pada beton diluar ruang bangunan (tidak terlindung dari hujan dan terik matahari) adalah 0,1 mm.

Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak,

$$\omega_p = \frac{A}{Bt} ; C_3 = 1,50 ; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$$\omega_p = \frac{A}{Bt} = 1899,7 / (1000 \times 887) = 0,00214$$

Maka, lebar retak yang terjadi akibat pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus :

$$w = \alpha \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} d &= \text{diameter pengenalan} = 12,8 \sqrt{\text{berat tulangan}} \\ &= 12,8 \sqrt{2,984} = 22,111 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$w = 1 \left(1,5 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{2,2111}{0,00214} \right) \left(1850 - \frac{30}{0,00214} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$w = -2,15 \text{ cm}$ (hasil negatif) $< 0,01 \text{ cm}$...Ok! (tidak retak)

Kontrol geser pons

Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial_{max} yang bekerja pada tiang pancang
= dari SAP diperoleh $P_{\text{tekan max}} = 19,141 \text{ ton}$

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pilecap atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0.65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

τ_{bp} = tegangan aktual yang terjadi pada beton

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{19141}{\pi \cdot (101,6 + 100) \cdot 100} \leq 0.65\sqrt{350}$$

$$\tau_{bp} = 0,302 \text{ kg/cm}^2 \leq 12 \text{ kg/cm}^2$$

Dikarenakan geser pons yang terjadi pada bantalan catwalk yang terjadi lebih kecil dari pada tegangan ijin , maka poer pada bantalan catwalk “aman” dari keruntuhan geser pons.

Kontrol kemampuan tulangan menahan geser

$$Ah = \frac{P}{\sigma_a \cdot \mu} < A_s \quad (\text{PBI '71 (11.10)})$$

Ah = luas efektif tulangan horisontal yg diperlukan
dengan $\mu = 1,4$

$$Ah = \frac{19141 \text{ kg}}{1850 \text{ kg/cm}^2 \times 1,4} = 739,03 \text{ mm}^2$$

Tulangan yang dipakai 5 D 22 dan 4 D22

$$n, A_{s1} = 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$n, A_{s2} = 5 \times 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1} = 1519,76 \text{ mm}^2 > Ah = 739,03 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 1899,7 \text{ mm}^2 > Ah = 739,03 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_h \dots \text{Ok!}$$

Jadi tulangan yang terpasang pada pelat mampu menahan tegangan geser

Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan poer dan tiang pancang

Tulangan yang berada dibagian dalam steel pile harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tarik sebesar = 111,073 ton . Beberapa hal yang harus dicek antara lain :

a) Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pile (**I4 – D22**, $f_y = 290 \text{ Mpa}$)

1. P_{nt} (kekuatan tarik tulangan = $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$)
 2. Dimana $\emptyset = 0.8$ (SNI 2847 2002, 11.3.2 , \emptyset untuk axial tension atau P_{tarik})
 3. $P_{nt} = 5319,16 \times 290 \times 0,8 = 1234045,12 \text{ N} = 123,4 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 123,4 \text{ ton} > 1,237 \text{ ton} \dots \text{Ok!}$
- b) Panjang penyaluran tulangan steel pile ke dalam poer (**I4 – D22**, **L=750mm**) yang diperlukan :

1. $P_{tension} = 1,237 \text{ t} = 12370 \text{ N}$
2. $L = \frac{P_{tension}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} < L_{pasang} = 750 \text{ mm}$
3. Dimana $f_r = 0.7 \sqrt{f'c}$..(SNI 2847 2002, 11.5.2)
 $= 0.7 \sqrt{29,05} = 3,77 \text{ Mpa}$
4. $L = \frac{P_{tension}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} = \frac{12370}{14 \times 3.14 \times 22 \times 3,77} = 3,392 \text{ mm} < 750 \text{ mm} \dots \text{Ok!}$

Kontrol kemampuan beton pada pile menerima tarik

Sambungan antara steel pile JIS A5525 STK41 dan pelat menggunakan beton mutu K350. Jadi mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik (tension) aktual yang terjadi.

Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0.48 \sqrt{\sigma_{bk}} = 0.48 \sqrt{350} = 9 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton. Allowable tension force $\sigma_{bi} = \sigma_b \cdot A_s$, dimana :

A_s = Luas selimut bagian dalam beton penutup pile

$$A_s = \pi D \cdot h$$

$$A_s = 3.14 \times 77,46 \text{ cm} \times 250 \text{ cm} = 60806,1 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{bi} = \sigma_b \cdot A_s$$

$$= 9 \text{ kg/cm}^2 \times 60806,1 \text{ cm}^2 = 547254,9 \text{ kg} = 547,25 \text{ Ton}$$

$$\sigma_{bi} > \text{Actual Tension Force}$$

$$547,25 \text{ Ton} > 19,141 \text{ ton} \dots \text{Ok!}$$

Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara tiang pancang dan poer dalam menerima gaya geser

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 0,6278 ton = 6278 N (DL + 0,5 LL + Ex + 0,3 Gy + Bollard) pada frame 3.

Maka, beberapa hal yang perlu dikontrol :

a) Kekuatan tulangan di dalam steel pile (**I4 – D22**)

1. $P_{nt} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \phi$ ($f_y = 290 \text{ Mpa}$)
 2. Dimana $\phi = 0.75$ (shear reduction factor)
 3. $P_{nt} = 5319,16 \times 290 \times 0.75 = 1156917,3 \text{ N}$
 4. $= 115,691 \text{ ton} > 0,6278 \text{ ton} \dots \text{Ok!}$
- b) Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

Kekuatan beton disekeliling tulangan = $n \times L \times d \times f_c$

Dimana: $f_c' = 29,05 \text{ Mpa}$

L = panjang tul. di atas pile

$$= (750-500) \text{ mm} = 250 \text{ mm}$$

Kekuatan beton terhadap gaya horizontal (shear force)

$$= 14 \times 250 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \times 29,05 \text{ Mpa}$$

$$= 2236850 \text{ N} > 6278 \text{ N}$$

6.4.5 Perencanaan pondasi bantalan *catwalk*

a. Data Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang baja yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

Material type	= steel
Outside diameter (OD)	= 1016,0 mm
Thickness (t)	= 19 mm
Weight (W)	= 457 kg/m
Area of Cross Section (A)	= 595,10 cm ²
Moment of Inertia (I)	= 740 x 10 ³ cm ⁴
Section Modulus	= 146 x 10 ² cm ³
Radius of Gyration (r)	= 35,20 cm
Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
Area of Outer Surface (fu)	= 3,19 m ² /m

Pada perencanaan struktur bantalan *catwalk* ini , tiang pancang yang dipergunakan hanya tiang pancang tegak. Grafik daya dukung tanah vs kedalaman berdasarkan tiang pancang yang direncanakan dapat dilihat pada Bab 3 subbab 3.6 tabel 3.3. Sedangkan analisa hasil nilai N-SPT dapat dilihat pada Gambar 3.8.

b. Kontrol Kebutuhan Kedalaman Tiang

Tabel 6.4.6 Kombinasi pembebanan pada tiang

No	Tipe Tiang	Beban	Kombinasi	Nilai
1	Tiang Tegak	P (tekan)	DL+0.5LL+Gx+0.3Gy	-19.1419 tonf
		V	DL+0.5LL+Gx+0.3Gy	-0.6278 tonf
		M	DL+0.5LL+Gx+0.3Gy	13.50681 tonf-m
		U	DL+0.5LL+Gx+0.3Gy	0.01345 m

(Sumber : Hasil Perhitungan SAP2000v14.2.2)

Perencanaan tiang tekan

Berdasarkan hasil perhitungan SAP2000v14.0.0 P_{tekan} terbesar dengan nilai 19,141 ton, sehingga :

$$Q_u = 3 \times 19,1419 = 57,425 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah vs kedalaman pada Bab 3 subbab 3.6 tabel 3.3. Maka, kedalaman minimum yang dibutuhkan agar tiang dapat memikul gaya tekan adalah sedalam -2 m dari *seabed*, karena titik jepit minimum struktur berada pada -13 m dari seabed maka tiang pada bantalan catwalk ini dipancang sedalam -13 m dari seabed.

c. Kontrol tiang pancang terhadap korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas.dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. Berdasarkan aturan perencanaan pelabuhan OCDI, kecepatan korosi yang terjadi pada material baja adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana} = 1016 - 2 \times 3 = 1010 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 997 + 2 \times 3 = 1003 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0,25 \pi (D_1^2 - D_2^2) \\ &= 0,25 \pi (1010^2 - 1003^2) \\ &= 30039,123 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= 1/64 \pi (D_1^4 - D_2^4) \\ &= 1/64 \pi (1010^4 - 1003^4) \\ &= 380420,2 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (W)} &= I/r \\ &= 380420,2 / 35,2 \\ &= 10807,4 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 2900 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_{ijin} &= \sigma_{ijin} \times W \\
 &= 2900 \times 10807,4 \\
 &= 313,414 \text{ tm} \\
 M_{ijin} &> M_u (45,709 \text{ m}) \dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

d. Kontrol tiang pancang terhadap beban horizontal

Pada kontrol tiang pancang akibat beban horizontal perlu dilakukan. Hal ini, dikarenakan Gaya horizontal yang terjadi pada analisa struktur SAP 2000 harus lebih kecil dari pada gaya horizontal yang mampu diterima oleh bahan (H_u). Dengan perumusan sebagai berikut :

$$H_u = \frac{2xMu}{(e + Z_f)} \text{ (Tomlinson)} \rightarrow \text{fix \&headed pile}$$

Dimana :

H_u = ultimate lateral resistance

M_u = momen ultimate bahan = 633,085 tm

e = Jarak antara lateral load (H) yang bekerja dengan muka tanah = 7 m

Z_f = titik jepit tanah = 13,5 m

$$H_u = \frac{2x633,085}{(10 + 13,5)}$$

$$= 68,44 \text{ t}$$

Maka, H_u yang terjadi :

$$V = 0,627 \text{ t} < H_u \dots\dots \text{Ok!}$$

e. Kontrol kuat tekuk

Tiang pancang (fixed & translating headed condition)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

e = jarak antara lateral load (H) yang bekerja dengan muka tanah.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 740000}{(850 + 1000)^2} = 4.476.791 \text{ kg} = 4476,79 \text{ ton}$$

Tiang pancang tegak :

$$P_u = 19,14 \text{ ton} < P_{cr} \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

f. Kalendering

Perumusan yang digunakan untuk perhitungan ini menggunakan perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama $S > S'$, maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

Kalendering tiang pancang miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

\emptyset tiang	= 101,6 cm
t	= 1,9 cm
P	= 19,1419 ton
SF	= 3
Qu	= 3 x 19,1419 = 57,425 ton
α	= 2,5 (<i>hydraulic hammer</i>)
W	= 10 ton (<i>hydraulic hammer</i>)
H	= 2 m, tinggi jatuh hammer kondisi normal
C ₁	= 5mm (<i>hard cushion + packing</i>)
C ₂	= 10 mm (Steel Pile)
C ₃	= 4 (<i>soft ground</i>)
n	= 0,32 (<i>compact wood cushion on steel pile</i>)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan,

L	= 25,96 meter = 26 m
Wp	= 0,457 ton/m x 26 m
	= 11,882 ton

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$57,425 = \frac{2,5 \cdot 10 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,02} \times \frac{10 + 0,32^2 11,882}{10 + 11,882}$$

$$S = 0,044 \text{ m} = 44 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 4,4 mm/blow .

g. Kontrol tegangan atau kekuatan bahan

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (f_y). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = 0,5 \cdot \text{Diameter pancang} = 0,533 \text{ m}$$

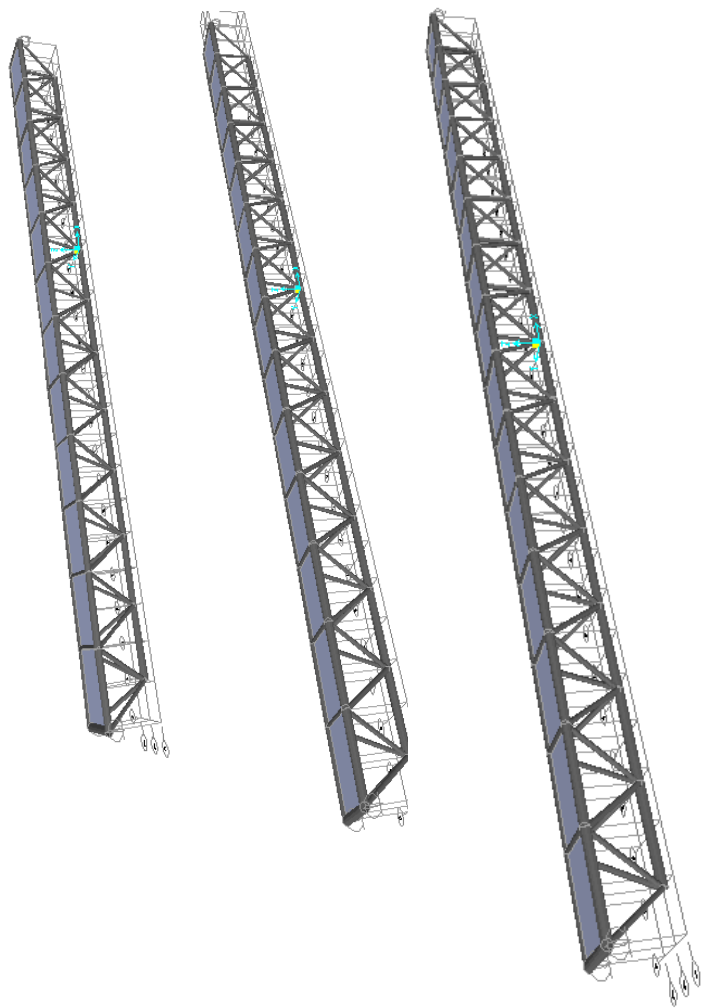
$$y' = 0,5 \cdot \text{Diameter setelah terkorosi} = 0,0473 \text{ m}$$

maka tegangan tiang yang terjadi adalah sebagai berikut,

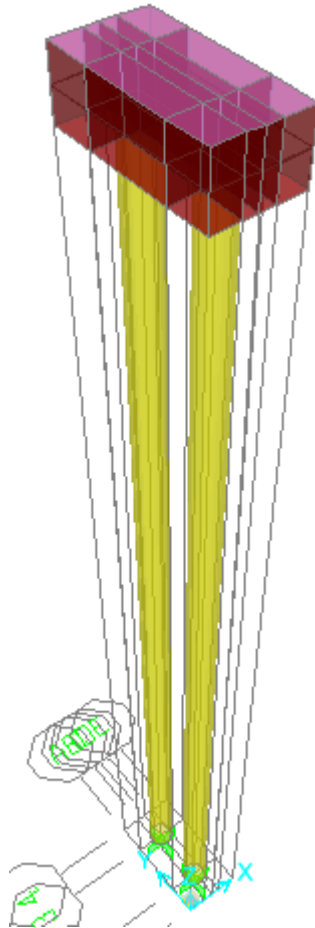
$$\begin{aligned} \text{Tiang tegak, } \sigma &= \frac{19141}{0,0473} + \frac{13506 \times 0,533}{0,0074} \\ &= 1331840,953 \text{ kg/m}^2 \\ &= 133,184 \text{ kg/cm}^2 < 0,4 \times f_y \\ &= 133,184 \text{ kg/cm}^2 < 1160 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Setelah terjadi korosi selama 10 tahun:

$$\begin{aligned} \text{Tiang tegak, } \sigma &= \frac{19141}{0,0499} + \frac{13506 \times 0,505}{0,00616} \\ &= 1490816,07 \text{ kg/m}^2 \\ &= 149,08 \text{ kg/cm}^2 < 0,4 \times f_y \\ &= 149,08 \text{ kg/cm}^2 < 1160 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$



Gambar 6. 4.2 - Permodean 3D Stuktur catwalk 24, 28,dan 30 meter



Gambar 6.4.3 - Permodean 3D Stuktur Bantalan Catwalk

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

6.5. PERENCANAAN *FLOATING PONTOON*

6.5.1 Umum

Floating Pontoon merupakan suatu struktur dermaga yang menggunakan prinsip gaya apung (Archimedes) dalam menahan beban vertikal yang diterima struktur utamanya. Sistem dermaga terapung ini merupakan sistem dermaga yang biasa digunakan pada dermaga untuk kapal ferry, dimana sangat dibutuhkan tinggi freeboard dari dermaga tetap, sehingga dapat digunakan pada kondisi pasang maupun surut.

6.5.2 Kriteria Kapal

Floating Pontoon yang direncanakan, akan digunakan untuk bertambat oleh kapal speedboat yang digunakan untuk pertukaran kru seperti pada gambar 6.1. Kriteria kapal *speedboat* yang direncanakan untuk menggunakan dermaga adalah sebagai berikut :

- | | | |
|----|-------------------|-----------|
| 1. | LoA | = 6.5 m |
| 2. | Lebar (B) | = 2.3 m |
| 3. | Height at midship | = 1 m |
| 4. | Kapasitas | = 8 orang |







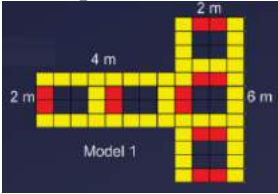

Gambar 6.5.1 – Speedboat rencana
(Sumber : <http://sip.psdkp.kkp.go.id/>)

6.5.3 Perbandingan Floating pontoon

Dermaga apung (*Floating pontoon*) dipilih dengan cara membandingkan beberapa produk floating pontoon dari beberapa perusahaan floating pontoon baik di dalam maupun di luar negeri. Dalam tugas akhir ini, dibandingkan produk floating pontoon dari dalam negeri yaitu PT. Bahari Floaton Indonesia dan dari luar negeri yaitu Xinyi Floating Dock. Perbedaan keduanya disajikan pada Tabel 6.1 berikut .

Tabel 6.5.1 – Perbedaan Produk Floating Pontoon

No	Kategori	Bahari Floaton	Xinyi Floating Dock
1	Adanya pengaku	<p>Pada product ini, terdapat pengaku yaitu stainless steel galvanized. Sehingga struktur floating pontoon menjadi kaku.</p> 	<p>Pada product ini, tidak terdapat pengaku sehingga struktur floating pontoon cenderung bergerak mengikuti pergerakan gelombang.</p> 
2	Papan lantai	<p>Pada produk ini terdapat papan lantai kalsideck yang dipasang diatas rangka hollow galvanized steel. Sehingga pengguna merasa lebih aman</p>	<p>Pada produk ini, tidak ada papan lantai tambahan, melainkan langsung berpijak pada konnstruksi box floaton.</p>

		<p>ketika berada diatas floating pontoon. Selain itu, dari segi estetika floating dermaga menjadi terlihat lebih artistik</p> 	
3	Konfigurasi Box Floaton	<p>Box floaton disusun permodul antara 4-6,25 m2. Terdapat konfigurasi box floaton khusus (tidak terisi penuh).</p> 	<p>Box floaton disusun secara penuh tanpa celah.</p> 

Berdasarkan analisa perbandingan antara produk floating ponton milik PT. Bahari Floaton Indonesia dan Xinyin Floating Dock, dalam tugas akhir ini dipilih produk milik PT. Bahari Floaton Indonesia dengan pertimbangan produk tersebut memberikan pilihan kenyamanan, kemandirian, dan lebih artistik jika dibandingkan dengan produk lainnya.

6.5.4 Spesifikasi bagian-bagian dermaga apung

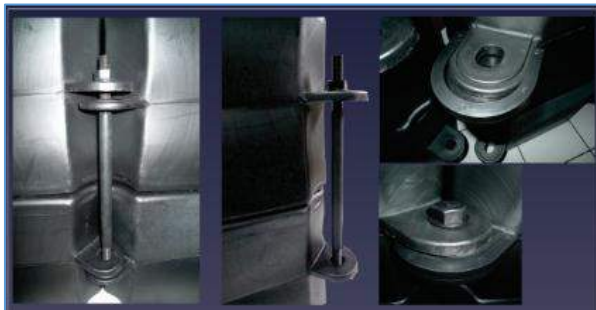
Floating Pontoon yang direncanakan memiliki beberapa kelengkapan seperti pada gambar 6. Berikut :



Gambar 6.5.2 – Kelengkapan floating pontoon
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)

a. Modul Box floaton

Box floaton yang digunakan pada konstruksi dermaga apung ini terbuat dari bahan plastik dengan kualitas tinggi (HDPE). Box floaton ini kemudian disusun dua layer dan dihubungkan dengan baut panjang yang seluruhnya terbuat dari bahan HDPE seperti pada gambar 6.5 dan 6.6 berikut :



Gambar 6.5.3. – Sambungan antar box floating pontoon
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)



Gambar 6.5.4 – susunan box floaton yang telah disambung

(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)

b. Rangka Hollow Galvanized Steel

Rangka hollow galvanizes steel dipasang sebagai pengaku pada box floaton yang telah dirangkai. Rangka Pada gambar 6. Merupakan contoh rangka hollow galvanized yang digunakan dalam proses konstruksi floating pontoon.



Gambar 6.5.5 – Rangka Hollow Galvanized Steel
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)

c. Papan Lantai Kalsideck

Pada konstruksi floating pontoon, digunakan papan lantai kalsideck yang memiliki tebal 2 cm. Papan lantai kalsideck ini dipasang diatas rangka hollow galvanized steel, dan memiliki fungsi untuk plantai pijakan. Papan lantai kalsideck dapat dilihat pada gambar 6. berikut.



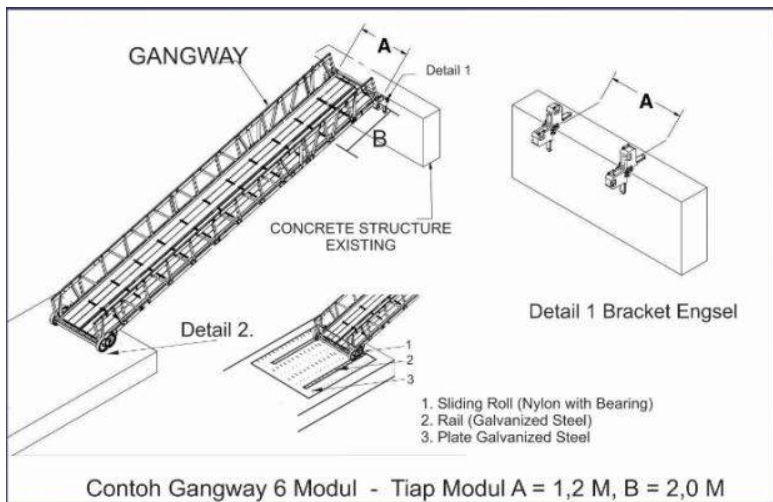
Gambar 6.5.6 – Rangka Hollow Galvanized Steel
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)

d. Modul Gangway

Dalam perencanaan Floating Pontoon, digunakan gangway sebagai tangga penghubung antara floating pontoon dan loading platform. Gangway ini dipilih karena dapat menyesuaikan elevasi floating pontoon. Spesifikasi gangway yang digunakan seperti pada gambar 6.7 berikut :



Gambar 6.5.7 – Gangway pada floating pontoon
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)



Gambar 6.5.8 – Spesifikasi Gangway
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)

e. Tiang Pancang

Tiang pancang digunakan untuk mengaitkan agar floating pontoon tidak berpindah dan tetap pada posisinya. Tiang pancang dipasang di empat titik di luar floating pontoon. Untuk menyesuaikan naik

turunnya floating pontoon akibat perubahan elevasi, dipasang roll pada lubang floating pontoon yang ditambatkan ke tiang pancang, detail pemasangan tiang pancang dapat dilihat pada gambar 6. berikut. Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini, merupakan tiang pancang baja silinder yang di las dngan tiang pancang silinder dengan diameter yang lebih kecil yaitu. Hal ini dilakukan karena kedalaman perairan pada daerah *Island Berth* ini yaitu sekitar 14 m, sehingga dibutuhkan dimensi tiang pancang yang cukup besar namun untuk kepentingan estetika dan efisiensi ruang, pada bagian atas digunakan tiang pancang persegi dengan diameter yang lebih kecil daripada tiang pancang silinder. Tiang pancang baja silinder yang digunakan yaitu tiang pancang baja JIS A 5525, dengan spesifikasi sebagai berikut :

D1	= 1016,0 mm
D2	= 977
Thickness (t)	= 19 mm
Weight (W)	= 457 kg/m
Area of Cross Section (A)	= 595,10 cm ²
Moment of Inertia (I)	= 740 x 10 ³ cm ⁴
Section Modulus	= 146 x 10 ² cm ³
Radius of Gyration (r)	= 35,20 cm
Young Modulus (E)	= 2100000 kg/cm ²
Area of Outer Surface (fu)	= 3,19 m ² /m

Sedangkan tiang pancang yang digunakan yaitu PC Spun Pile (PT.Wijaya Karya) yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

D1	= 50 mm	; fu	= 5000 kg/cm ²
t	= 90 mm	; Class	= A1
E	= 2100000 kg/cm ²		



Gambar 6.5.9. – Tiang Pancang
(Sumber : Brosur Floaton PT. Floaton Bahari Indonesia)

f. Fender

Pada perencanaan Floating pontoon digunakan fender untuk bertambatnya speedboat. Dalam perencanaan floating pontoon di area Island Berth ini digunakan fender jenis foam fender. Fender ini dipasang di sepanjang tepi floating system untuk menahan dampak benturan dari kapal yang berlabuh. Terbuat dari busa EVA atau HDPE (High Density Polyethylene). Foam fender yang digunakan terdapat pada gambar 6.



Gambar 6.5.10 – Foam Fender
(Sumber : Alibaba.com)

g. Bollard

Bollard digunakan sebagai tempat untuk mengikat tali kapal speedboat ketika bertambat. Bollard yang diunakan pada perencanaan floating pontoon ini yaitu ring point bollard. Ring point bollard adalah bollard yang terbuat dari baja stainless dapat dipasang di sepanjang tepi floating system untuk menambatkan kapal. Berikut merupakan gambar dari ring point bollard.



Gambar 6.5.11 – Ring point Bollard
(Sumber : *Alibaba.com*)

h. Banister

Banister merupakan pegangan yang dipasang disekitar floating pontoon dengan tujuan untuk keselamatan bagi pengguna. Banister ini terbuat dari HDPE dengan tali nilon di sepanjang tepi floating system. Selain itu, dapat memberikan pemandangan yang menyenangkan secara keseluruhan. Tali nilon memiliki kancing kait tepat di kedua ujungnya yang memungkinkan tali tersebut dapat dilepas jika diperlukan. Gambar 6. merupakan gambar dari banister.



Gambar 6.5.12 – Banister
(Sumber : Alibaba.com)

- i. Atap Floating Pontoon
Pada Floating Pontoon ini dibuat konstruksi atap yang dibebankan pada sehingga pengguna merasa lebih nyaman ketika berada di area floating pontoon

6.5.5 Kriteria Desain Sistem Tambat Floating Pontoon

Dalam merencanakan floating pontoon, perlu ditentukan kriteria desain untuk sistem tambat dari dermaga apung ini. Berikut merupakan kriteria desain sistem tambat floating pontoon :

1. System tambat pada dermaga apung menggunakan tiang pancang sebagai tambat perahu (mooring)
2. Apabila dermaga apung dikombinasikan dengan beton precast, untuk system tambat dapat menggunakan model mooring bollard. Dengan catatan, perlu diperhitungkan juga pengaruh gaya tarik tambat perahu terhadap beton precast.
3. Untuk desain dermaga apung pariwisata dapat menggunakan dimensi diameter tiang pancang baja 12"
4. Untuk desain dermaga perintis dengan asumsi kapal penumpang yang sandar hingga mencapai 100 GT,

sebaiknya menggunakan diameter tiang pancang baja 16” (gaya sandar horizontal sekitar 5 ton).

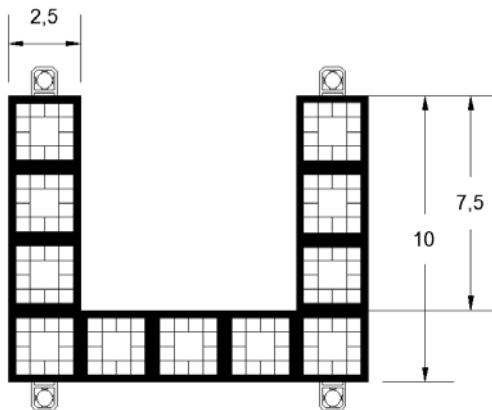
5. Baik untuk dermaga pariwisata dan perintis lebih baik interval pemasangan tiang pancang baja 10 m
6. Untuk kasus yang berkaitan pemancangan tiang pancang, lebih baik sebelumnya sudah ada survey penyelidikan tanah terlebih dahulu. Apabila belum ada, untuk kedalaman pemancangan tiang sekitar 12 meter untuk mencapai struktur tanah setelah tanah lunak/lembek

6.7.6 Desain *Floating Pontoon*

Penentuan dimensi *Floating Pontoon* meliputi luasan *Floating Pontoon*, panjang dan lebar setiap segment, dan draft dari *Floating Pontoon*.

a. Panjang dan lebar *Floating Pontoon*

Dalam perencanaan, floating pontoon difungsikan sebagai tempat bertambatnya speed boat yang difungsikan hanya untuk pergantian kru saja. Sehingga direncanakan dimensi floating pontoon seperti pada gambar 6.3 berikut :



Gambar 6.5.13 – Dimensi Floating Pontoon

b. Pembebanan pada Floating Pontoon

Dalam merencanakan draft floating pontoon, terlebih dahulu dihitung beban yang akan bekerja pada floating pontoon. Dalam menghitung beban yang bekerja, dihitung per segmen floating pontoon, dimana setiap segmen berukuran 2,5 m x 2,5 m. Perhitungan pembebanan pada floating pontoon dapat dilihat pada tabel 6. Berikut :

Tabel 6.5.2 - Perhitungan pembebanan pada floating pontoon

No	Item	Volume	sat	Berat / satuan	Berat (Kg)
1	Berat Rangka Lantai (Hollow Steel Galvanized 100x50x3 mm)	24	m'	7,5	180
2	Papan Lantai Kalsideck 20 (200x2400) berat = 14.5 Kg = 0.48 m2	4	m2	30,2	120,8
3	Box Floaton	24	pcs	6	144
4	Beban Bergerak akibat gangway	4	m2	75	300
5	Beban manusia	4	m2	150	600
Total					1344,8

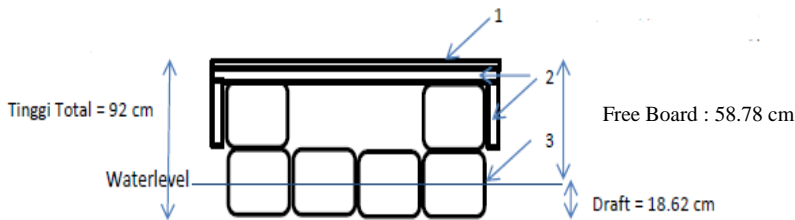
Sehingga berdasarkan perhitungan, didapatkan beban yang bekerja pada floating pontoon sebesar 1344,8 kg.

c. Draft Floating Pontoon

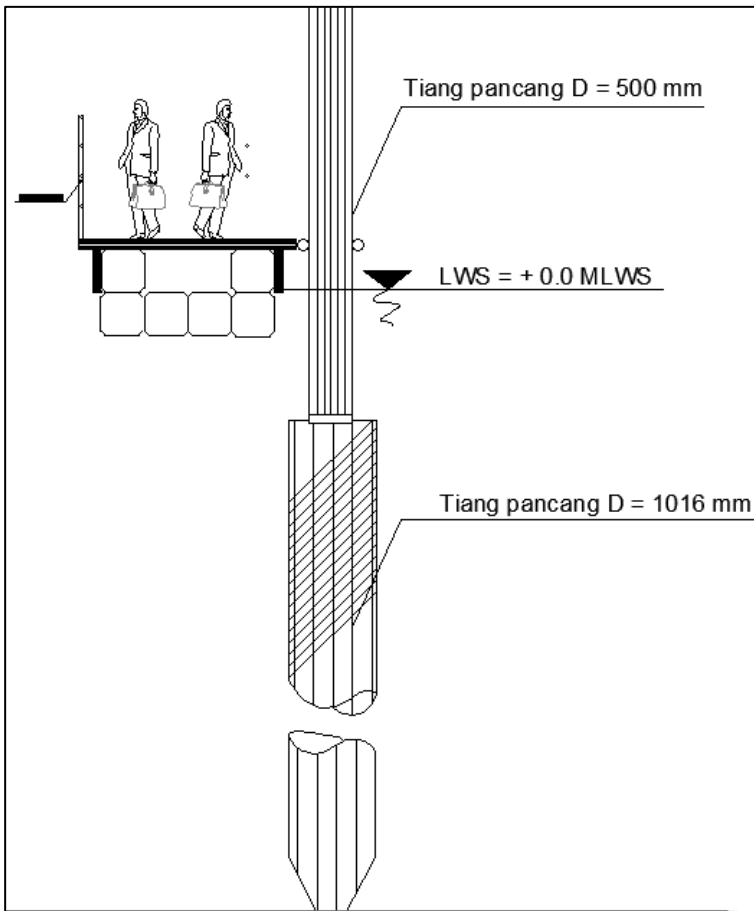
Dalam perencanaan Floating pontoon, perlu dihitung draft maksimal dari Floating pontoon. Berdasarkan analisa dan perhitungan yang dilakukan, draft floating pontoon dalam keadaan struktur menerima beban maksimum yaitu sebesar 58,38 cm. Detail perhitungan struktur floating pontoon dapat dilihat pada tabel 6.2, sedangkan untuk gambar ilustrasi dapat dilihat pada gambar 6.4.

Tabel 6.5.3 - Perhitungan draft floating pontoon

Perhitungan Draft Dermaga Apung		
B = Berat Total Konstruksi	1344,8	kg
A = Luas Tapak	4	m ²
P = B/A	336,2	kg/m ²
Bouyancy Formula 1 cm	10	kg/m ²
Draft = Bagian yang tenggelam	33,62	cm
Tinggi total/jagaan	92	cm
Freeboard	58,38	cm



Gambar 6.5.14. - Draft floating pontoon



Gambar 6.5.15 – Tampak Samping floating pontoon

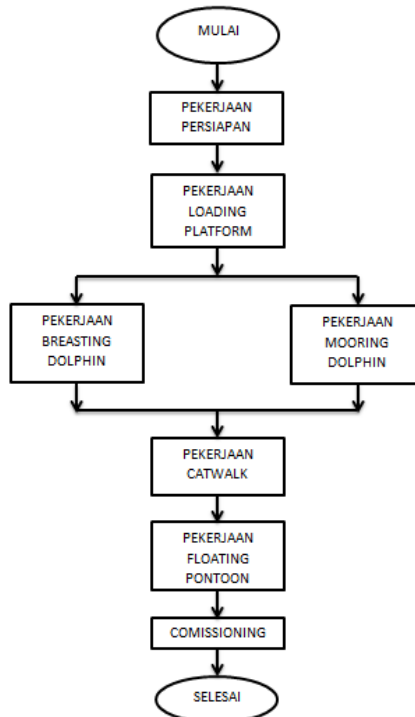
“Halaman ini sengaja Dikosongkan”

BAB VII

METODE PELAKSANAAN

7.1 Umum

Dalam bab ini, akan direncanakan metode pelaksanaan dari pembangunan dermaga *Island Berth* untuk kapal tanker minyak 85000 DWT. Dalam proses pelaksanaan konstruksi, tidak diizinkan mengganggu proses berjalannya operasional pabrik, adapun metode pelaksaian pembangunan dermaga *Island Berth* adalah sebagai berikut :



Gambar 7. 1 - Diagram alir pekerjaan proyek Dermaga Island Berth

1. Metode pelaksanaan pembangunan dermaga *Island Berth* yang meliputi *Loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*
2. Metode pelaksanaan *catwalk* dan *floating pontoon*.

Sebelum pekerjaan dalam suatu proyek dimulai, perlu dilakukan beberapa pekerjaan persiapan. Pekerjaan persiapan tersebut meliputi :

1. Pengukuran lokasi proyek , pemasangan patok dan bouwplank di area proyek.
2. Pembersihan lahan proyek
3. Penyediaan lokasi penumpukan material dan peralatan
4. Penyediaan kantor proyek dan direksi kit
5. Penyediaan pos keamanan

7.2 Metode Pelaksanaan *Island Berth*

Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur dermaga *Island Berth*, perencanaan dibagi menjadi tiga tahapan :

1. Tahap pra konstruksi
2. Tahap konstruksi
3. Tahap pasca konstruksi

7.2.1 Tahap Prakonstruksi

Tahap prakonstruksi atau yang sering disebut pekerjaan persiapan, pada umumnya pekerjaan yang dilakukan adalah persiapan pelaksanaan wilayah darat maupun wilayah perairan. Secara detail pekerjaan yang dilakukan dalam pekerjaan prakonstruksi meliputi :

1. Pembersihan lahan dan pemasangan fasilitas pendukung
Membersihkan lokasi proyek dan sekitar proyek untuk kelancaran jalannya proyek secara keseluruhan dan memasang peralatan pendukung seperti bouwplank dan tenaga listrik untuk bantuan pekerjaan seperti penerangan. Pada konstruksi dermaga *Island Berth* ini,

pembersihan dilakukan disisi laut dan sisi darat. Di sisi darat dilakukan pembershan lahan untuk area penumpukan material, dan di sisi laut dilakukan kontrol kedalaman untuk kapal pontoon yang digunakan sebagai direksi kit.

2. Direksi kit
Pemasangan direksi kit berfungsi sebagai tempat untuk keperluan koordiansi antar organisasi dan personil yang terkait pengawasan dan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Pada proyek dermaga Island Berth, direksi kit menggunakan kapal pontoon yang disewa untuk memudahkan proses mobilisasi pekerja, dan memudahkan jangkauan dan koordinasi di area proyek.
3. Tempat penyimpanan material
Tempat penumukan berfungsi untuk menumpuk material yang telah diadakan seperti tiang pancang, besi, kayu dan lain – lain. Tempat penyimpanan juga harus dilokasikan di posisi yang mana dapat memudahkan proses pekerjaan. Pada konstruksi dermaga Island Berth ini, tempat penyimpanan material berada disisi darat, pada area ini dibuat temporary jetty untuk memudahkan mobilisasi material ke area proyek
4. Pengadaan alat berat
Pengadaan alat berat digunakan untuk keperluan pemancangan dan pengangkatan material adapun alat berat yang digunakan adalah *mobile crane*, *pontoon* dan *hydraulic hammer*.
5. Pos penjagaan
Pos penjagaan berfungsi untuk mengawasi keluar masuknya material dan peralatan untuk pekerjaan konstruksi, menjaga keamanan dan ketertiban dan juga mendata petugas maupun tamu yang keluar masuk area proyek.

7.2.2 Tahap Konstruksi

Pekerjaan tahap konstruksi memiliki tahap – tahap sebagai berikut :

1. Pemancangan tiang pancang.
2. Pelaksaan pile cap.
3. Pelaksanaan balok dan pelat.

7.2.2.1 Pemancangan Tiang Pancang

Pekerjaan pemancangan dilaksanakan mulai dari wilayah perairan terjauh sehingga pelaksanaan pemancangan harus menggunakan kapal ponton sebagai alat untuk mengangkut tiang pancang dan pengangkut diesel hammer. Adapun peralatan yang diperlukan dalam pekerjaan pemancangan adalah sebagai berikut :

- a. 2 buah kapal ponton
- b. 1 tugboat
- c. 1 crane
- d. 1 diesel hammer
- e. 2 buah theodolite

Dalam pekerjaan pemancangan , tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang baja dengan diameter Ø1068. Pemancangan dilakukan dengan 2 buah ponton, dimana ponton pertama untuk membawa diesel hammer dan ponton kedua membawa crane dan tiang pancang. Alat theodolite digunakan untuk membidik dan mengukur ketepatan posisi dan kemiringan tiang panncang pada waktu proses pemancangan.

Secara umum pelaksanaan pemancangan tiang pancang adalah sebagai berikut :

1. Tiang pancang baja yang sudah diberi garis ukuran untuk mempermudah penunjukkan kedalaman dipindahkan dari lokasi penumpukan menuju ponton

dengan diangkat menggunakan crane. Kemudian crane berpindah dari darat menuju ke ponton.



Gambar 7.2 – Mobilisasi tiang pancang ke area proyek

2. Setelah tiang pancang sudah berada diatas ponton selanjutnya tiang pancang dibawa menuju ke titik pemancangan. Kemudian tiang pancang diangkat dengan diesel hammer dan diletakkan pada diesel hammer untuk memulai proses pemancangan seperti pada gambar 73. berikut.



Gambar 7.3 – Pemancangan menggunakan crawler crane dan Pontoon

3. Dengan dibantu theodolite untuk menentukan titik serta kemiringan yang tepat. Tali pengikat tiang pancang mulai dikendorkan kemudian tiang pancang di turunkan secara perlahan untuk proses pemancangan. Pada umumnya panjang tiang pancang baja yang difabrikasi tidak memenuhi kedalaman rencana sehingga pada saat tiang pancang mulai berada pada ujung pemegang diesel hammer selanjut tiang pancang baja akan disambung dengan pengelasan sampai kedalaman rencana.



Gambar 7.4 - Penyambungan tiang pancang menggunakan las

4. Untuk pemberhentian proses pemancangan pada sepuluh pukulan terakhir dilakukan kalendering, apabila $S_{rencana} > S_{lapangan}$ maka pemancangan dapat dihentikan.
5. Pemotongan tiang pancang yang berlebih dapat menggunakan *blender* sampai pada elevasi yang direncanakan.



Gambar 7.5 - Tiang Pancang yang telah dipotong dengan elevasi tertentu

6. Tiang pancang yang telah terpotong kemudian dilapisi dengan selimut beton bertulang setebal 10 cm dan setebal $\pm 2,0$ m yang berfungsi untuk membantu menyambung tiang pancang ke pile cap. Proses pemancangan dilakukan sampai semua tiang pancang sudah terpasang pada titik – titik yang telah direncanakan.

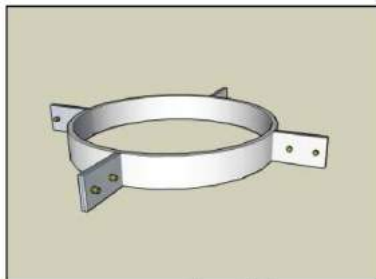


Gambar 7. 6 - Selimut beton tiang pancang baja

7.2.2.2 Pelaksanaan Pile Cap

Setelah pekerjaan pemancangan selesai, pekerjaan berikutnya adalah pelaksanaan pile cap. Adapun pekerjaan pile cap adalah sebagai berikut :

1. Memasang landasan untuk bekisting berupa sabuk pengikat yang dibaut dengan 2 baut pengikat disetiap tiang pancang.



Gambar 7. 7 - Landasan Bekisting pilecap

2. Bekisting pile cap dipasang sesuai dengan ukurannya di atas landasasn yang telah dipasang. Bekisting pile cap yang digunakan papan kayu sehingga pada proses pemasangannya harus baik dan benar agar pada saat pengecoran beton tidak merembes keluar.



**Gambar 7. 8 – Pemasangan
Bekisting Pilecap**

3. Memasang balok kayu yang menghubungkan antara tiang satu dengan lainnya baik arah memanjang maupun melintang. Hal ini untu menghindari bergerakanya bekisting pile cap pada arah horizontal. Selain itu, perlu dilakukan “vertical check” sebelum dilakukan pengecoran untuk memastikan bekisting terpasang dengan tegak.
4. Tulangan untuk pile cap dirangkai di atas bekisting yang telah dipasang, kemudian bekisiting untuk sisi pile cap dipasang setelah tulangan untuk pile cap telah terangkai.



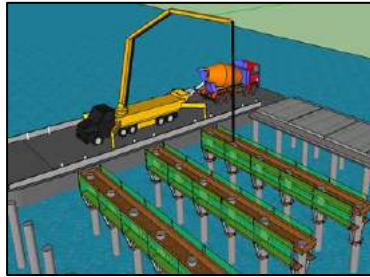
Gambar 7. 9 - Penulangan pilecap

5. Pengecoran

Untuk tahap awal pengecoran, pekerjaan beton in situ menggunakan kapal tongkang , mixer concrete dan concrete pump. Setelah beberapa segmen telah dibeton maka alat-alat dapat naik ke atas beton. Pengecoran ini harus dilakukan secara terus menerus dan hanya bisa berhenti di tempat tertentu yang dianggap aman dan telah direncanakan sebelumnya. Proses perataan beton dibantu dengan alat *vibrator* untuk memudahkan pasta semen masuk mengisi rongga – rongga yang kosong pada bekisting. Apabila proses pengecoran akan dihentikan maka permukaan harus di buat kasar agar hasil pengecoran yang baru dapat melekat dengan sempurna pada permukaan yang lama.



Gambar 7.10 – Pengecoran Pilecap



Gambar 7.11 - Pekerjaan beton in situ menggunakan kapal tongkang , mixer concrete dan concrete pump

6. Sebelum pengecoran permukaan yang akan disambung harus disiram dengan air semen dengan perbandingan 1 PC : 0,45 air, kemudian permukaan sambungan dilapisi dengan lem beton.
7. Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan dibasahi air bersih atau di tutupi dengan karung basah secara berkala selama kurang lebih 10 hari agar tidak terjadi pengerasan yang terlalu cepat sehingga menimbulkan keretakan pada pile cap. Menurut PBI 1971 pembongkaran bekisting tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan dipenuhi dan pembongkarannya harus dilaksanakan secara hati – hati agar tidak merusak beton yang telah mengeras.

7.2.2.3 Pelaksanaan Balok dan Pelat

Setelah pelaksanaan pile cap selesai maka pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan pelaksanaan balok dan pelat. Adapun pelaksanaan balok dan pelat adalah sebagai berikut :

1. Memasang bekisting balok memanjang dan melintang sesuai dengan ukuran rencana dan ditopang dengan landasan yang diletakkan pada poer yang telah selesai pekerjaannya. dan pemasangan bekisting ini harus diperhatikan dengan baik.
2. Tulangan untuk balok dirangkai di atas bekisting yang telah dipasang, pada saat pemasangan tulangan harus

diperhatikan jaraknya agar selimut beton mendapatkan jarak minimum yaitu 8 cm, untuk mendapatkan tebal selimut ini dapat menggunakan beton decking agar besi tulangan tidak melendut. Bekisting untuk sisi balok dipasang setelah tulangan untuk balok telah terangkai dengan baik.



Gambar 7.12 – Penulangan pada pelat lantai

3. Pengecoran harus dilakukan secara terus menerus dan hanya bisa berhenti di tempat tertentu yang dianggap aman dan telah direncanakan sebelumnya. Proses perataan beton dibantu dengan alat *vibrator* untuk memudahkan pasta semen masuk mengisi rongga – rongga yang kosong pada bekisting. Apabila proses pengecoran akan dihentikan maka permukaan harus di buat kasar agar hasil pengecoran yang baru dapat melekat dengan sempurna pada permukaan yang lama.



Gambar 7.13 – Pengecoran pada pelat lantai

4. Sebelum pengecoran permukaan yang akan disambung harus disiram dengan air semen dengan perbandingan 1 PC : 0,45 ai, kemudian permukaan sambungan dilapisi dengan lem beton.
5. Setelah pengecoran dilakukan, selanjutnya dilakukan perataan dan penghalusan permukaan. Setelah itu menunggu proses pengerasan (*Setting time*) beton. Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan dibasahi air bersih atau di tutupi dengan karung basah secara berkala selama kurang lebih 10 hari agar tidak terjadi pengerasan yang terlalu cepat sehingga menimbulkan keretakan pada pelat maupun balok. Menurut PBI 1971 pembongkaran bekisting tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan dipenuhi dan pembongkarannya harus dilaksanakan secara hati – hati agar tidak merusak beton yang telah mengeras.



Gambar 7.13 – Perataan dan Penghalusan Permukaan

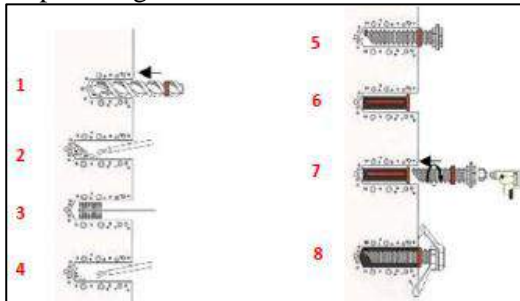
6. Untuk pelaksanaan breasting dolphin dipasang anker untuk fender sedangkan untuk mooring dolphin dipasang anker bollard. Pemasangan ini harus presisi agar tidak terjadi permasalahan dalam pemasangan fender dan bollard.

7.2.3 Tahap Pasca Konstruksi

Setelah pekerjaan tahap konstruksi usai, pekerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan Fender

Setelah beton mengeras, fender dipasang pada angker yang telah tertanam dengan menggunakan baut. Fender yang digunakan adalah fender Trelleborg tipe SCN 1400 E1.2. alternative lain untuk mencegah ketidaktepatan pemasangan fender dengan cara mengebor pada beton fender kemudian dimasukkan *resin hardener* didorong dan diputar sampai hancur dengan ujung baut angker kemudian ditunggu sampai mengeras.



Gambar 7. 14- Pemasangan baut angker fender dengan resin



Gambar 7. 14 - Fender yang telah terpasang

2. Pemasangan Bollard

Untuk pemasangan bollard sama seperti pada pemasangan fender setelah beton mengeras sempurna, bollard dipasang

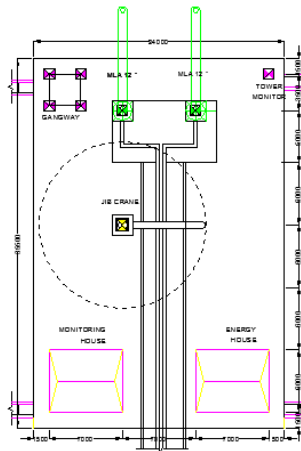


Gambar 7. 15 - Bollard yang telah terpasang

pada angker yang tertanam pada saat pengecoran atau dapat menggunakan bantuan *resin hardener* untuk mencegah ketidak tepatan pemasangan bollard. Bollard yang digunakan adalah QRH Mampaey dengan tipe MHC.000.100.402.

3. Pemasangan Utilitas

Dermaga yang direncanakan adalah dermaga untuk muatan minyak oleh karena itu maka perlengkapan utilitas yang perlu dilengkapi untuk proses bongkar muat adalah *Marine Loading Arm* sejumlah satu unit, *Tower Gangway* sejumlah satu unit, *Jib Crane* sejumlah satu unit, *Fire Monitor Tower* sejumlah dua unit dan pipa sebanyak empat unit dengan panjang yang sudah ditentukan untuk penyaluran minyak dan air serta lampu penerangandan sinyal dermaga.



Gambar 7.15 – Denah Utilitas alat berat

7.3 Metode Pelaksanaan Catwalk

7.3.1 Tahap Pra Konstruksi

Tahap prokosntruksi pada pelaksanaan catwalk yaitu menyiapkan dudukan atau tempat perletakan dari catwalk. Dimana perletakan terbuat dari karet atau elastomer yang dipasang diatas loading platform, mooring dolphin dan breasting dolphin. Setelah dudukan telah selesai, catwalk yang telah di fabrikasi di darat per 2 meteran akan disambung untuk dipasang pada titik – titik yang telah direncanakan.

7.3.1 Tahap Konstruksi

Pada tahap konstruksi ini dilakukan dengan bantuan ponton dan crane serta theodolite. Ponton berfungsi untuk membawa potongan catwalk yang telah difabrikasi di darat dan crane berfungsi untuk mengangkat potongan potongan catwalk untk diletakkan pada titik – titik perencanaan, theodolite digunakan agar pada saat proses pemasangan mendapatkan posisi yang presisi.

7.3.1 Tahap Pasca Konstruksi

Setelah catwalk terpasang maka dipasang pelat grating sebagai injakan kaki dan dipasang pegangan tangan pada sisiz catwalk.

7.4 Metode Pelaksanaan Floating Pontoon

Terdapat beberapa tahapan dalam merencanakan suatu struktur Floating Pontoon, yaitu :

1. Survey Bathimetry
Survey Bathymetri adalah melakukan pengukuran titik kedalaman dan posisi unuk menentukan kontur perairan
2. Survey Bor Log
Survey ini dilakukan untuk mendapatkan data jenis lapisan tanah, karakteritik lapisan tanah, dan kondisi muka air tanah yang akan digunakan untuk perencanaan struktur floating pontoon
3. Perhitungan kapasitas beban apung Floating Pontoon untuk mendapatkan dimensi floating pontoon yang diperlukan.
4. Selanjutnya dilakukan pemancangan pada 4 titik disekitar floating pontoon. Pancang ini dipasang dengan tujuan agar pontoon tidak terbawa arus. Detail cara pemancangan dapat dilihat pada sub bab 7.2.2.1 tentang pemancangan tiang pancang.
5. Perakitan modul box floaton
Dalam konstruksi floating pontoon pada tugas akhir ini digunakan 11 modul box floaton dengan ukuran masing masing modul $2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$. Floating pontoon yang sudah dirakit kemudian di pasang rangka hollow galvanized steel sebagai pengaku. Kemudian diatas rangka hollo galvanized steel dipasang papan lantai kalsideck. Selanjutnya floating pontoon dikaitkan

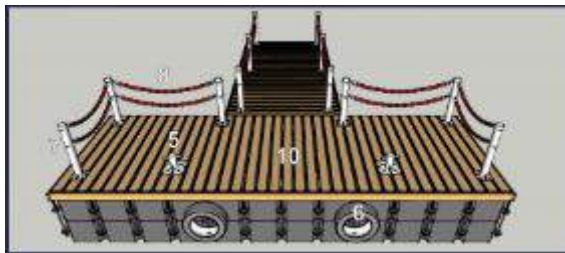
pada tiang pancang dengan sistem roll sehingga naik turunnya dapat diatur sesuai dengan elevasi permukaan saat pasang maupun surut.

6. Pemasangan Atap

Pada konstruksi floating pontoon, dipasang atap dimana beban konstruksi atap ini dipikul oleh empat tiang pancang baja persegi yang digunakan untuk menahan konstruksi floating pontoon. Rangka atap yang digunakan terbuat dari rangka baja ringan dengan penutup atap

7. Pemasangan Aksesoris Floating Pontoon

Setelah floating pontoon dipasang, dilakukan pemasangan aksesoris dermaga berupa gangway, foam fender, stainless steel tee bolard, dan banister.



Gambar 6.2 – Floating pontoon

7.5 Commisioning

Pada tahap *commissioning*, pihak kontraktor berkewajiban untuk menguji dan mengecek peralatan pada dermaga dengan melakukan simulasi apakah dapat berjalan sesuai dengan fungsi, prosedur dan standart masing – masing sebelum dermaga diserahkan pada pihak *owner* yaitu PT Badak NGL. Waktu yang dipergunakan dalam tahap ini kurang lebih selama 30 hari.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

RENCANA ANGGARAN BIAYA

8.1 Umum

Rencana Anggaran Biaya merupakan salah satu komponen penting dalam perencanaan sebuah proyek konstruksi. Hal ini dikarenakan RAB merupakan salah satu pertimbangan apakah suatu proyek dapat dilaksanakan atau tidak dengan biaya yang harus dikeluarkan. Pada Bab Rencana Anggaran Biaya ini dijelaskan mengenai tata cara dalam analisis biaya keseluruhan pembangunan dermaga *Island Berth*. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Penentuan harga material, utilitas alat, dan upah
2. Analisis harga satuan tiap tiap item pekerjaan
3. Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya

8.2 Harga Material dan Upah

Harga material dan upah yang digunakan berasal dari “ Peraturan Menteri Perhubungan PM 78 Tahun 2014 “. Untuk kota Bontang yang terletak di provinsi Kalimantan Timur harga yang telah ditetapkan dikalikan dengan nilai koefisien kemahalan standard biaya yaitu sebesar 1.13. Untuk rincian daftar harga upah pekerja, telah disajikan pada **Tabel 8.1**, daftar harga material dan peralatan pada **Tabel 8.2**, dan harga sewa peralatan pada **Tabel 8.3**

Tabel 8. 1 - Daftar upah pekerja

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan
1	Mandor	O.H.	Rp 140.106,88
2	Kepala Tukang	O.H.	Rp 123.844,49
3	Tukang	O.H.	Rp 107.553,07
4	Pembantu Tukang	O.H.	Rp 64.686,85
5	Operator	O.H.	Rp 107.567,58
6	Tukang Las	O.H.	Rp 107.567,58
8	Penyelam	O.H.	Rp 226.403,98
9	Juru Ukur	O.H.	Rp 97.898,41

Tabel 8. 2 - Daftar harga material dan peralatan

No.	Jenis Material	Satuan	Harga Satuan
Semen Ready Mix			
1	Semen Portland	sak	Rp 69.723,96
2	Beton Ready Mix K350	m ³	Rp 858.461,00
Material Alam			
1	Pasir Cor	m ³	Rp 259.089,58
2	Sirtu	m ³	Rp 234.645,20
3	Batu Pecah 1 - 2 cm	m ³	Rp 305.048,68
4	Kawat Ikat Beton	kg	Rp 23.810,81
5	Besi tulangan D32	kg	Rp 18.136,50
6	Besi tulangan D22	kg	Rp 18.136,50
7	Besi Tulangan D16	kg	Rp 18.136,50
8	Papan Plywood 12 mm	lembar	Rp 310.536,78
9	Papan Kayu Bekisting	m ³	Rp 195.377,00
10	Paku	kg	Rp 23.036,98
11	Wooden Plank kelas 1	m ³	Rp 7.798.695,00
Baja Profil			
1	Steel pile D= 1066 mm t= 19 mm	m'	`
2	Pelat Transisional 2 cm	m ³	Rp 2.825.000,00
3	Profil Hollow 273	m'	Rp 5.550.330,61
4	Profil Hollow 88.9	m'	Rp 3.253.552,50
5	Pelat Grating 38 cm	m ³	Rp 5.085.000,00
Aksesoris Dermaga			
1	Fender SCN 1400 E 1.2 + Frontal Frame	unit	Rp 607.375.000,00
2	Bollard QRH CB100 - 02	unit	Rp 561.610.000,00
3	Marine Loading Arm BO300 ø12"	unit	Rp 440.700.000,00
4	Tower Gangway LX04	unit	Rp 169.500.000,00
5	Fire Monitor Tower	unit	Rp 73.450.000,00
6	Jib Crane HNKS	unit	Rp 99.892.000,00
7	Pipa Gas API 5L ø12"	m'	Rp 70.512.000,00
8	Pipa Air API ø6"	m'	Rp 665.005,00
Lain - Lain			
1	Oli	liter	Rp 39.783,91
2	Solar	liter	Rp 11.605,10
3	Percobaan pembebanan tiang pancang	unit	Rp 12.995.000,00
4	Tes beton di laboratorium	unit	Rp 1.921.000,00
5	Pile loading trials	unit	Rp 13.560.000,00
9	Welding	cm	Rp 6.780,00
10	Grease	liter	Rp 84.637,00
11	Lubricant	liter	Rp 84.637,00
14	Profil C 75 x 45 x 2.3	kg	Rp 15.518,80
15	Pelat cincin baja	kg	Rp 15.518,80
16	Kawat las	kg	Rp 30.227,50

Tabel 8. 3 - Daftar harga sewa alat

No.	Jenis Peralatan	Satuan	Harga Satuan
1	Kapal Ponton	hari	Rp 7.780.050,00
2	Crane	hari	Rp 7.422.251,32
3	Diesel Hammer	hari	Rp 2.394.018,00
4	Concrete Mixer	hari	Rp 1.940.605,50
5	Concrete Pump	hari	Rp 271.674,60
6	Concrete Vibrator	hari	Rp 1.940.605,50
7	Mesin las	hari	Rp 2.191.493,75
8	Generator	hari	Rp 1.541.602,50
9	Tug boat	hari	Rp 4.983.426,56
10	perahu motor	hari	Rp 216.847,00

8.3 Analisis Harga Satuan

Analisa harga satuan berisi mengenai harga satuan yang dihabiskan dalam pemenuhan setiap bagian pekerjaan perencanaan dermaga. Analisa harga satuan dapat dilihat pada Tabel 8.4

Tabel 8. 4 - Analisis harga satuan

No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	1 m3 beton K-350				
	Bahan :				
	Beton ready mix K-350	1	m3	Rp 858.461,00	Rp 858.461,00
	Alat :				
	Concrete pump	0,33	hari	Rp 271.674,60	Rp 90.558,20
	Vibrator	0,67	hari	Rp 1.940.605,50	Rp 1.293.737,00
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Kepala tukang	0,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 41.281,50
	Tukang	1,33	org/hari	Rp 107.553,07	Rp 143.404,10
	Pembantu Tukang	0,67	org/hari	Rp 64.686,85	Rp 43.124,57
	Biaya 1 m3 beton				Rp2.517.268,65
2	10 m2 Bekisting				
	Bahan :				
	Kayu bekisting	0,4	m3	Rp 195.377,00	Rp 78.150,80
	Paku	4	kg	Rp 23.036,98	Rp 92.147,93
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Kepala tukang	0,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 41.281,50
	Tukang	1,33	org/hari	Rp 107.553,07	Rp 143.404,10
	Pembantu Tukang	0,67	org/hari	Rp 64.686,85	Rp 43.124,57
	Biaya 10 m2 bekisting				Rp 444.811,18
	Biaya 1 m2 bekisting				Rp 44.481,12

Tabel 8. 4 - Lanjutan

3	100 kg Pembesian Tulangan D32				
Bahan :					
Besi tulangan	100	kg	Rp 18.136,50	Rp 1.813.650,00	
Kawat bendrat	4	kg	Rp 23.810,81	Rp 95.243,23	
Upah :					
Kepala tukang	0,33	org/hari	Rp 84.637,00	Rp 28.212,33	
Tukang	1,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 165.125,98	
Pembantu Tukang	0,67	org/hari	Rp 107.553,07	Rp 71.702,05	
Biaya 100 kg pembesian				Rp 2.173.933,59	
Biaya 1 kg pembesian				Rp 217.393,36	
4	100 kg Pembesian Tulangan D22				
Bahan :					
Besi tulangan	100	kg	Rp 18.136,50	Rp 1.813.650,00	
Kawat bendrat	4	kg	Rp 23.810,81	Rp 95.243,23	
Upah :					
Kepala tukang	0,33	org/hari	Rp 84.637,00	Rp 28.212,33	
Tukang	1,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 165.125,98	
Pembantu Tukang	0,67	org/hari	Rp 107.553,07	Rp 71.702,05	
Biaya 100 kg pembesian				Rp 2.173.933,59	
Biaya 1 kg pembesian				Rp 217.393,36	
5	100 kg Pembesian Tulangan D16				
Bahan :					
Besi tulangan	100	kg	Rp 18.136,50	Rp 1.813.650,00	
Kawat bendrat	4	kg	Rp 23.810,81	Rp 95.243,23	
Upah :					
Kepala tukang	0,33	org/hari	Rp 84.637,00	Rp 28.212,33	
Tukang	1,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 165.125,98	
Pembantu Tukang	0,67	org/hari	Rp 107.553,07	Rp 71.702,05	
Biaya 100 kg pembesian				Rp 2.173.933,59	
Biaya 1 kg pembesian				Rp 217.393,36	
6	Perancah				
Bahan :					
Profil C 75 x 45 x 2.3	5,92	kg	Rp 15.518,80	Rp 91.871,29	
Pelat cincin baja	39,92	kg	Rp 15.518,80	Rp 619.510,44	
Kawat Las	0,25	kg	Rp 30.227,50	Rp 7.556,88	
Alat :					
Mesin las	0,17	hari	Rp 2.191.493,75	Rp 365.248,96	
Generator	0,17	hari	Rp 1.541.602,50	Rp 256.933,75	
Upah :					
Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29	
Tukang Las	0,33	org/hari	Rp 107.567,58	Rp 35.855,86	
Tukang	0,67	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 82.562,99	
Biaya perancah				Rp1.506.242,45	

Tabel 8. 4 - Lanjutan

7	Pengangkatan Tiang Pancang				
	Alat :				
	Crane	0,33	hari	Rp 7.422.251,32	Rp 2.474.083,77
	Kapal Ponton	0,67	hari	Rp 7.780.050,00	Rp 5.186.700,00
	Tug Boat	0,33	hari	Rp 4.983.426,56	Rp 1.661.142,19
	Perahu Motor	0,33	hari	Rp 216.847,00	Rp 72.282,33
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Operator	2,00	org/hari	Rp 107.567,58	Rp 215.135,16
	Tukang	1,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 165.125,98
	Jumlah Pengangkatan dalam 1 hari				Rp 12,00
	Biaya Pengangkatan Tiang Pancang				Rp 818.430,98
8	Pemancangan Tiang				
	Alat :				
	Crane	0,33	hari	Rp 7.422.251,32	Rp 2.474.083,77
	Kapal Ponton	0,67	hari	Rp 7.780.050,00	Rp 5.186.700,00
	Tug Boat	0,33	hari	Rp 4.983.426,56	Rp 1.661.142,19
	Perahu Motor	0,33	hari	Rp 216.847,00	Rp 72.282,33
	Diesel Hammer	0,33	hari	Rp 2.394.018,00	Rp 798.006,00
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Operator	2,67	org/hari	Rp 107.567,58	Rp 286.846,88
	Tukang	1,33	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 165.125,98
	Juru Ukur	1	org/hari	Rp 97.898,41	Rp 97.898,41
	Penyelam	0,5	org/hari	Rp 226.403,98	Rp 113.201,99
	Biaya Pemancangan tiang per hari				Rp 10.901.989,85
	Panjang pemancangan tiap hari				
	Tiang tegak 2 buah x 30m	60	m		
	Tiang miring 2 buah x 30m	60	m		
	Biaya pemancangan per-meter				
	Tiang tegak (2 buah x 30m)	1	m'		Rp 181.699,83
	Tiang miring (2 buah x 30m)	1	m'		Rp 181.699,83
9	Penyambungan Tiang Pancang				
	Alat :				
	Mesin Las	0,67	hari	Rp 2.191.493,75	Rp 1.460.995,83
	Generator	0,33	hari	Rp 1.541.602,50	Rp 513.867,50
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Tukang Las	0,67	org/hari	Rp 107.567,58	Rp 71.711,72
	Tukang	0,67	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 82.562,99
	Biaya penyambungan tiang pancang				Rp 2.175.840,34
10	Pemotongan Tiang Pancang				
	Alat :				
	Mesin Las	0,67	hari	Rp 2.191.493,75	Rp 1.460.995,83
	Generator	0,33	hari	Rp 1.541.602,50	Rp 513.867,50
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Tukang Las	0,67	org/hari	Rp 107.567,58	Rp 71.711,72
	Tukang	0,67	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 82.562,99
	Biaya pemotongan tiang pancang				Rp 2.175.840,34

Tabel 8. 4 - Lanjutan

11	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang				
Alat :					
Pelat baja	100	kg	Rp	8.000,00	Rp 800.000,00
Mesin Las	0,67	hari	Rp	2.191.493,75	Rp 1.460.995,83
Generator	0,33	hari	Rp	1.541.602,50	Rp 513.867,50
Upah :					
Mandor	0,33	org/hari	Rp	140.106,88	Rp 46.702,29
Tukang Las	0,67	org/hari	Rp	107.567,58	Rp 71.711,72
Tukang	0,67	org/hari	Rp	123.844,49	Rp 82.562,99
Biaya pembuatan 1 buah tiang pancang					Rp 2.975.840,34
12	1m3 Beton K350 Pengisi Tiang Pancang				
Beton Readymix K350	1	m3	Rp	2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
Tulangan D32	80,4	kg	Rp	217.393,36	Rp 17.478.426,04
Concrete Mixer	0,17	hari	Rp	1.940.605,50	Rp 323.434,25
Perancah	0,33	hari	Rp	1.506.242,45	Rp 502.080,82
Bekisting	1	hari	Rp	44.481,12	Rp 44.481,12
Biaya isian tiang pancang					Rp 20.865.690,88
Loading Platform					
13	1m3 Beton untuk Poer Tunggal				
Beton Readymix K350	1	m3	Rp	2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
Tulangan D32	151,5	kg	Rp	217.393,36	Rp 32.935.093,85
Concrete Mixer	0,17	hari	Rp	1.940.605,50	Rp 323.434,25
Perancah	0,33	hari	Rp	1.506.242,45	Rp 502.080,82
Bekisting	1	hari	Rp	44.481,12	Rp 44.481,12
Biaya Poer Tunggal					Rp 36.322.358,69
14	1m3 Beton untuk Pelat (t = 30 cm)				
Beton Readymix K350	1	m3	Rp	2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
Tulangan D16	15,7	kg	Rp	217.393,36	Rp 3.413.075,73
Concrete Mixer	0,17	hari	Rp	1.940.605,50	Rp 323.434,25
Perancah	0,33	hari	Rp	1.506.242,45	Rp 502.080,82
Bekisting	1	hari	Rp	44.481,12	Rp 44.481,12
Biaya 1m3 Pelat					Rp 6.800.340,57
15	1m3 Beton untuk Balok 75 x 90				
Beton Readymix K350	1	m3	Rp	2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
Tulangan D32	88,4	kg	Rp	217.393,36	Rp 19.217.572,91
Tulangan D22	59,6	kg	Rp	217.393,36	Rp 12.956.644,18
Concrete Mixer	0,17	hari	Rp	1.940.605,50	Rp 323.434,25
Perancah	0,33	hari	Rp	1.506.242,45	Rp 502.080,82
Bekisting	1	hari	Rp	44.481,12	Rp 44.481,12
Biaya Balok Melintang					Rp 35.561.481,93
16	1m3 Beton untuk Balok 75 x 90				
Beton Readymix K350	1	m3	Rp	2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
Tulangan D32	113,5	kg	Rp	217.393,36	Rp 24.674.146,22
Tulangan D22	59,6	kg	Rp	217.393,36	Rp 12.956.644,18
Concrete Mixer	0,17	hari	Rp	1.940.605,50	Rp 323.434,25
Perancah	0,33	hari	Rp	1.506.242,45	Rp 502.080,82
Bekisting	1	hari	Rp	44.481,12	Rp 44.481,12
Biaya Balok Memanjang					Rp 41.018.055,24

Tabel 8. 4 - Lanjutan

19	1m3 Beton untuk Pelat (t = 30 cm)				
	Beton Readymix K350	1	m3	Rp 2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
	Tulangan D16	22,1	kg	Rp 217.393,36	Rp 4.804.393,23
	Concrete Mixer	0,17	hari	Rp 1.940.605,50	Rp 323.434,25
	Perancah	0,33	hari	Rp 1.506.242,45	Rp 502.080,82
	Bekisting	1	hari	Rp 44.481,12	Rp 44.481,12
	Biaya 1m3 Pelat				Rp 8.191.658,07
	Mooring Dolphin				
20	1m3 Beton untuk Pelat Mooring Dolphin				
	Beton Readymix K350	1	m3	Rp 2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
	Tulangan D32	101	kg	Rp 217.393,36	Rp 21.956.729,24
	Concrete Mixer	0,17	hari	Rp 1.940.605,50	Rp 323.434,25
	Perancah	0,33	hari	Rp 1.506.242,45	Rp 502.080,82
	Bekisting	1	hari	Rp 44.481,12	Rp 44.481,12
	Biaya 1m3 Beton untuk Pelat Mooring Dolphin				Rp 25.343.994,07
	Breasting Dolphin				
21	1m3 Beton untuk Pelat Breasting Dolphin				
	Beton Readymix K350	1	m3	Rp 2.517.268,65	Rp 2.517.268,65
	Tulangan D32	176,7	kg	Rp 217.393,36	Rp 38.413.406,49
	Concrete Mixer	0,17	hari	Rp 1.940.605,50	Rp 323.434,25
	Perancah	0,33	hari	Rp 1.506.242,45	Rp 502.080,82
	Bekisting	1	hari	Rp 44.481,12	Rp 44.481,12
	Biaya 1m3 Beton untuk Pelat Breasting Dolphin				Rp 41.800.671,33
	Catwalk				
22	Pemasangan Catwalk 1 m				
	Bahan :				
	Profil Hollow 273	1	m'	Rp 5.550.330,61	Rp 5.550.330,61
	Profil Hollow 88,9	1	m'	Rp 3.253.552,50	Rp 3.253.552,50
	Pelat Grating 38 cm	1	m²	Rp 5.085.000,00	Rp 5.085.000,00
	Alat :				
	Mesin Las	0,67	hari	Rp 2.191.493,75	Rp 1.460.995,83
	Generator	0,33	hari	Rp 1.541.602,50	Rp 513.867,50
	Upah :				
	Mandor	0,33	org/hari	Rp 140.106,88	Rp 46.702,29
	Tukang Las	0,67	org/hari	Rp 107.567,58	Rp 71.711,72
	Tukang	0,67	org/hari	Rp 123.844,49	Rp 82.562,99
	Pemasangan Catwalk 1m'				Rp 16.064.723,45
	Floating Pontoon				
23	Dermaga apung cover kalsideck 2x2 m				
	Pelampung HDPE	24	pcs	Rp 621.562,50	Rp 14.917.500,00
	Baut Panjang 80 cm (HDPE)	25	pcs	Rp 136.743,75	Rp 3.418.593,75
	Mur HDPE	75	pcs	Rp 29.835,00	Rp 2.237.625,00
	Sepatu mur	25,00	pcs	Rp 39.780,00	Rp 994.500,00
	Stainless steel Bollard	1,00	pcs	Rp 1.740.375,00	Rp 1.740.375,00
	Rubber Fender	1	pcs	Rp 87.018,75	Rp 87.018,75
	Railing dia 3"x 90	2	pcs	Rp 621.562,50	Rp 1.243.125,00
	Rope	5	m	Rp 24.862,00	Rp 124.310,00
	Roller slider pillar	2	pcs	Rp 4.972.500,00	Rp 9.945.000,00
	Papan lantai kalsideck 20 (20x20)	4,00	m2	Rp 532.350,00	Rp 2.129.400,00
	Rangka Hollow steel Galvanised	4,00	m2	Rp 1.863.225,00	Rp 7.452.900,00
	Pemasangan Floating pontoon permodul				Rp 44.290.347,50

8.4 Rencana Anggaran Biaya

Dalam rencana anggaran biaya ini, tahapan tiap pekerjaan yang dihitung meliputi :

1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan loading platform
3. Breasting dolphin
4. Pekerjaan mooring dolphin
5. Pekerjaan catwalk
6. Pekerjaan floating Pontoon

Berikut ini adalah rincian kebutuhan biaya dari masing – masing pekerjaan pada pembangunan dermaga *Island Berth* yang disajikan pada **Tabel 8.5** sampai **Tabel 8.10**

Tabel 8. 5 - Biaya Pekerjaan Persiapan

PEKERJAAN PERSIAPAN					
No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan lahan dan f	1	Ls	Rp 36.830.319.500,36	Rp 36.830.319.500,36
2	Mobilisasi dan demobilisa	1	Ls	Rp 440.000.000,00	Rp 440.000.000,00
3	Administrasi dan dokume	1	Ls	Rp 40.000.000,00	Rp 40.000.000,00
Total					Rp 37.310.319.500,36

Tabel 8. 6 - Biaya Pekerjaan Loading Platform

LOADING PLATFORM					
No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengangkatan tiang panc	112	m'	Rp 818.430,98	Rp 91.664.269,49
2	Pembuatan sepatu tiang	28	titik	Rp 2.975.840,34	Rp 83.323.529,47
3	Pemancangan tiang panc	112	m'	Rp 8.475.000,00	Rp 949.200.000,00
4	Perlindungan Katodik	28	titik	Rp 2.946.000,00	Rp 82.488.000,00
5	Wrapping HDPE 12,5 cm	28	titik	Rp 2.360.000,00	Rp 66.080.000,00
6	Penyambungan tiang panc	84	titik	Rp 181.699,83	Rp 15.262.785,79
7	Pemotongan tiang pancar	28	titik	Rp 2.175.840,34	Rp 60.923.529,47
8	Pengisian Tiang Pancang	25,956	m ³	Rp 20.865.690,88	Rp 541.589.872,53
9	Pemansang poer tunggal	28	titik	Rp 36.322.358,69	Rp 1.017.026.043,32
10	Pengadaan dan pengangkutan tiang 1066	112	m'	Rp 17.201.136,08	Rp 1.926.527.241,23
11	Pile loading trials	4	titik	Rp 13.560.000,00	Rp 54.240.000,00
12	Tes beton di laboratorium	4	titik	Rp 1.921.000,00	Rp 7.684.000,00
13	Balok 75 x 90 melintang	113,4	m ³	Rp 35.561.481,93	Rp 4.032.672.051,37
14	Balok 75 x 90 memanjang	95,85	m ³	Rp 41.018.055,24	Rp 3.931.580.594,71
15	Pelat beton (t= 30 cm)	255,6	m ³	Rp 8.191.658,07	Rp 2.093.787.801,61
16	Pemasangan Marine Loa	2	unit	Rp 440.700.000,00	Rp 881.400.000,00
17	Pemasangan Tower Gang	1	unit	Rp 169.500.000,00	Rp 169.500.000,00
18	Pemasangan Fire Monitor	2	unit	Rp 73.450.000,00	Rp 146.900.000,00
19	Pemasangan Jib Crane	1	unit	Rp 99.892.000,00	Rp 99.892.000,00
20	Pemasangan pipa air ø6"	50	m'	Rp 665.005,00	Rp 33.250.250,00
21	Pemasangan pipa minyak	117	m'	Rp 70.512.000,00	Rp 8.249.904.000,00
Total					Rp 24.534.895.968,99

Tabel 8.7 - Biaya Pekerjaan Breasting Dolphin

BREASTHING DOLPHIN					
No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengangkatan tiang panci	513	m'	Rp 818.430,98	Rp 419.855.091,49
2	Pengadaan tiang 1066	513	m'	Rp 17.201.136,08	Rp 8.824.182.810,29
3	Pembuatan sepatu tiang	9	titik	Rp 2.975.840,34	Rp 26.782.563,05
4	Pemancangan tiang panci	513	m'	Rp 181.699,83	Rp 93.212.013,20
5	Penyambungan tiang panci	27	titik	Rp 181.699,83	Rp 4.905.895,43
6	Pemotongan tiang panci	9	titik	Rp 2.175.840,34	Rp 19.582.563,05
7	Perlindungan Katodik	9	titik	Rp 2.946.000,00	Rp 26.514.000,00
8	Wrapping HDPE 12,5 cm	9	titik	Rp 2.360.000,00	Rp 21.240.000,00
9	Pengisian Tiang Pancang	8,757	m ³	Rp 20.865.690,88	Rp 182.720.855,05
10	Pile loading trials	2	titik	Rp 13.560.000,00	Rp 27.120.000,00
11	Tes beton di laboratorium	2	titik	Rp 1.921.000,00	Rp 3.842.000,00
12	Pelat breasting dolphin	128	m ³	Rp 41.800.671,33	Rp 5.350.485.930,38
13	Pemasangan fender	1	unit	Rp 607.375.000,00	Rp 607.375.000,00
Total 1 breasting dolphin					Rp 15.607.818.721,93
Total 2 breasting dolphin					Rp 31.215.637.443,87

Tabel 8.8 - Biaya Pekerjaan Mooring Dolphin

MOORING DOLPHIN					
No.	Uraian Pekerjaan	Volume/Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan tiang 1016	472	m'	Rp 17.201.136,08	Rp 8.118.936.230,91
2	Pengangkatan tiang panci	472	m'	Rp 818.430,98	Rp 386.299.421,41
3	Pembuatan sepatu tiang	8	titik	Rp 2.975.840,34	Rp 23.806.722,71
4	Pemancangan tiang panci	472	m'	Rp 181.699,83	Rp 85.762.320,14
5	Penyambungan tiang panci	24	titik	Rp 181.699,83	Rp 4.360.795,94
6	Pemotongan tiang panci	8	titik	Rp 2.175.840,34	Rp 17.406.722,71
7	Pengisian Tiang Pancang	3,708	m ³	Rp 20.865.690,88	Rp 77.369.981,79
8	Perlindungan Katodik	8	titik	Rp 2.946.000,00	Rp 23.568.000,00
9	Wrapping HDPE 12,5 cm	8	titik	Rp 2.360.000,00	Rp 18.880.000,00
10	Pile loading trials	2	titik	Rp 13.560.000,00	Rp 27.120.000,00
11	Tes beton di laboratorium	2	titik	Rp 1.921.000,00	Rp 3.842.000,00
12	Pelat mooring dolphin	84,5	m ³	Rp 25.343.994,07	Rp 2.141.567.499,12
13	Pemasangan bollard QRF	1	unit	Rp 561.610.000,00	Rp 561.610.000,00
Total 1 mooring dolphin					Rp 11.490.529.694,72
Total 6 mooring dolphin					Rp 68.943.178.168,34

Tabel 8.9 - Biaya Pekerjaan Catwalk

CATWALK					
No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pemasangan catwalk	336	m'	Rp 16.064.723,45	Rp 5.397.747.078,65
1	Pengangkatan tiang panci	208	m'	Rp 818.430,98	Rp 170.233.643,33
2	Pengadaan tiang 1066	208	m'	Rp 17.201.136,08	Rp 3.577.836.305,15
3	Pembuatan sepatu tiang	8	titik	Rp 2.975.840,34	Rp 23.806.722,71
5	Penyambungan tiang panci	24	titik	Rp 181.699,83	Rp 4.360.795,94
6	Pemotongan tiang panci	8	titik	Rp 2.175.840,34	Rp 17.406.722,71
6	Wrapping HDPE	8	titik	Rp 2.360.000,00	Rp 18.880.000,00
7	Perlindungan Katodik	20	titik	Rp 2.946.000,00	Rp 58.920.000,00
Total 12 catwalk					Rp 9.269.191.268,48

Tabel 8. 10 - Biaya Pekerjaan Floating Pontoon

FLOATING PONTOON					
No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengangkatan tiang panc	88	m'	Rp 818.430,98	Rp 72.021.926,03
2	Pembuatan sepuat tiang	4	titik	Rp 2.975.840,34	Rp 11.903.361,35
3	Pemancangan tiang panc	88	m'	Rp 8.475.000,00	Rp 745.800.000,00
4	pengadaan tiang pancang	28	m'	Rp 13.267.366,64	Rp 371.486.265,86
5	Penyambungan tiang pan	12	titik	Rp 181.699,83	Rp 2.180.397,97
6	Pemotongan tiang pancar	4	titik	Rp 2.175.840,34	Rp 8.703.361,35
7	Perlindungan Katodik	4	titik	Rp 2.946.000,00	Rp 11.784.000,00
8	Wrapping HDPE 12,5 cm	4	titik	Rp 2.360.000,00	Rp 9.440.000,00
9	Pengisian Tiang Pancang	3.892	m ³	Rp 20.865.690,88	Rp 81.209.268,91
10	dermaga apung 2x2	11	modul	Rp 44.290.347,50	Rp 487.193.822,50
11	Pile loading trials	1	titik	Rp 13.560.000,00	Rp 13.560.000,00
12	Tes beton di laboratorium	1	titik	Rp 1.921.000,00	Rp 1.921.000,00
13	pengadaan tiang pancang	88	m'	Rp 17.267.366,64	Rp 1.519.528.264,14
14	kuda-kuda atap	100	m2	Rp 197.750,00	Rp 19.775.000,00
15	Gangway dan railway	6	modul	Rp 10.491.390,00	Rp 62.948.340,00
16	aksesoris gangway	1	pcs	Rp 5.118.750,00	Rp 5.118.750,00
17	penutup atap	100	m2	Rp 247.500,00	Rp 24.750.000,00
Total					Rp 3.449.323.758,12

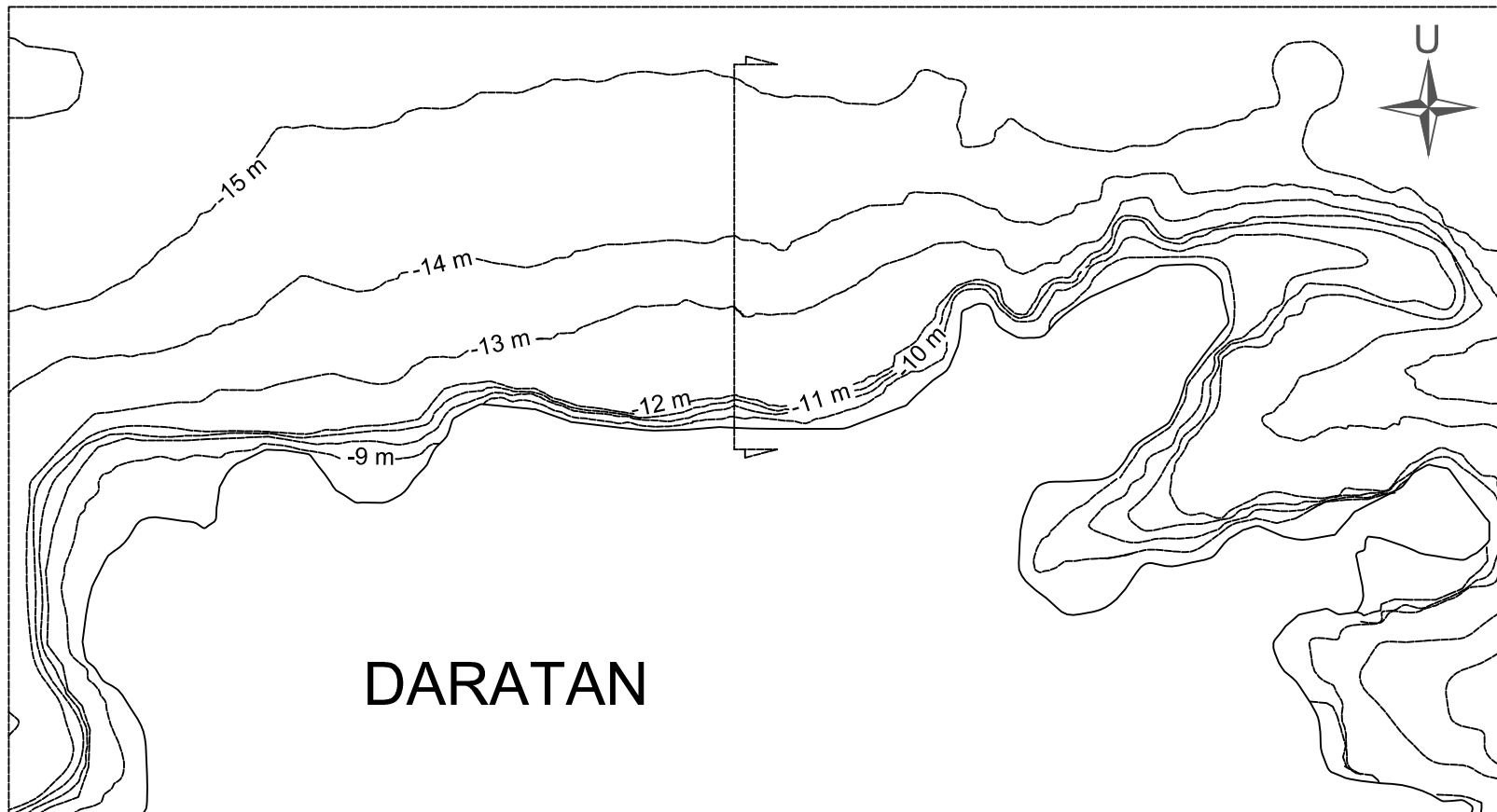
8.5 Rekapitulasi Harga

Rekapitulasi harga adalah hasil dari penjumlahan dari setiap pekerjaan dan ditambahkan Pajak Pertambahan Nilai sebesar 10 %. Berikut adalah rekapitulasi biaya pembangunan Dermaga Island Berth yang disajikan dalam tabel 8.11.

Tabel 8. 11 - Rekapitulasi biaya pembngunan dermaga

Island Berth		
Rekapitulasi Biaya		
No.	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 37.310.319.500,36
2	Pekerjaan Loading Platform	Rp 24.534.895.968,99
3	Pekerjaan Floating Pontoon	Rp 3.449.323.758,12
4	Pekerjaan Mooring Dolphin	Rp 68.943.178.168,34
5	Pekerjaan Breashting Dolphin	Rp 31.215.637.443,87
6	Pekerjaan Catwalk	Rp 9.269.191.268,48
	Total	Rp 174.722.546.108,17
	PPn 10%	Rp 17.472.254.610,82
	Jumlah Akhir	Rp 192.194.800.718,98
	Jumlah Akhir (dibulatkan)	Rp 192.194.800.000

Terbilang : Seratus sembilan puluh dua milyar seratus sembilan puluh empat juta delapan ratus ribu rupiah



DARATAN



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA BONGKAR BATUBARA
PLTU LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahaya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

NAMA GAMBAR

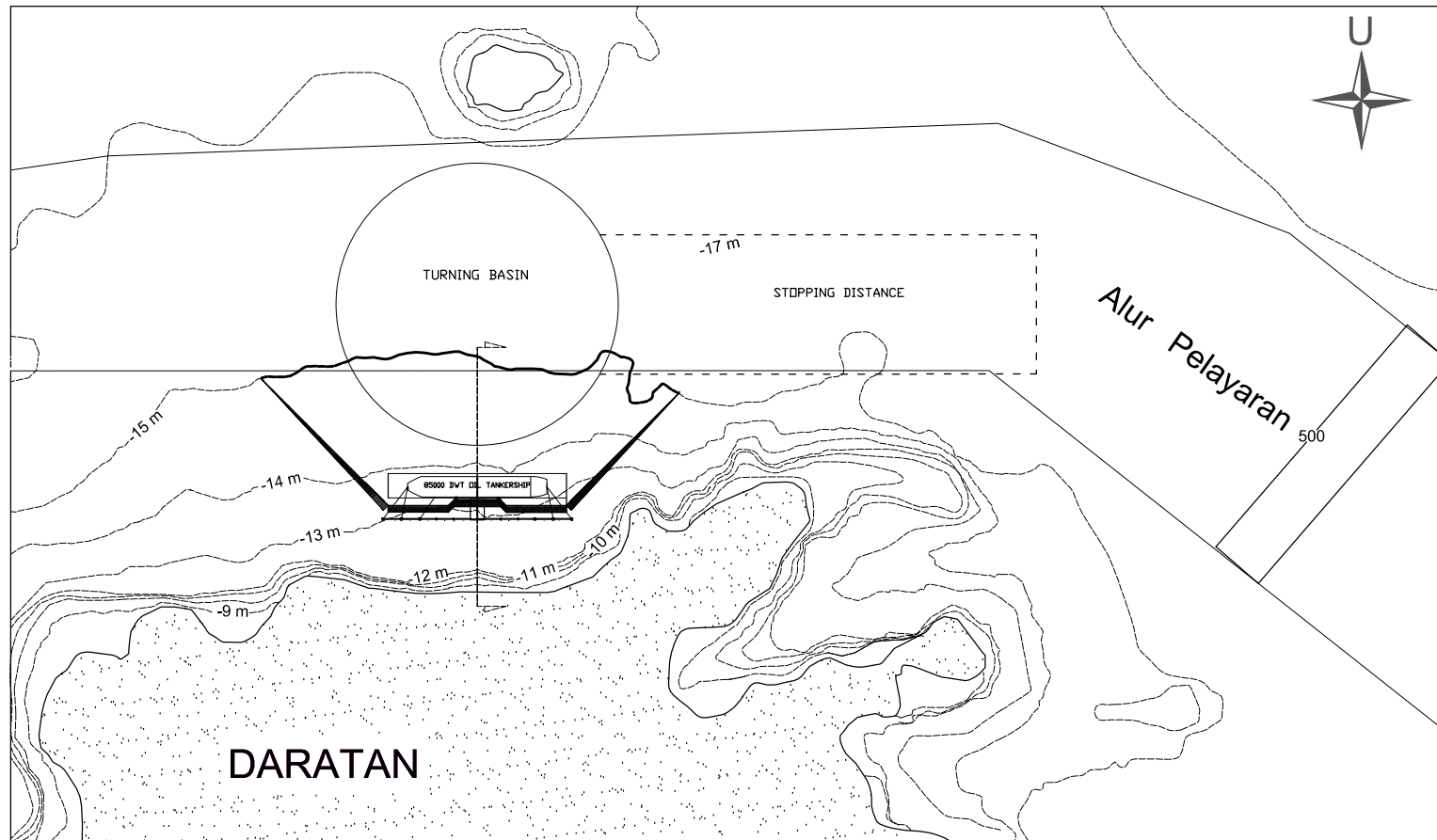
Peta Kontur Lokasi Island Berth

SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR

2



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA BONGKAR BATUBARA
PLTU LOMBOK, NUSA TENGGARA BARAT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahaya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

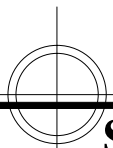
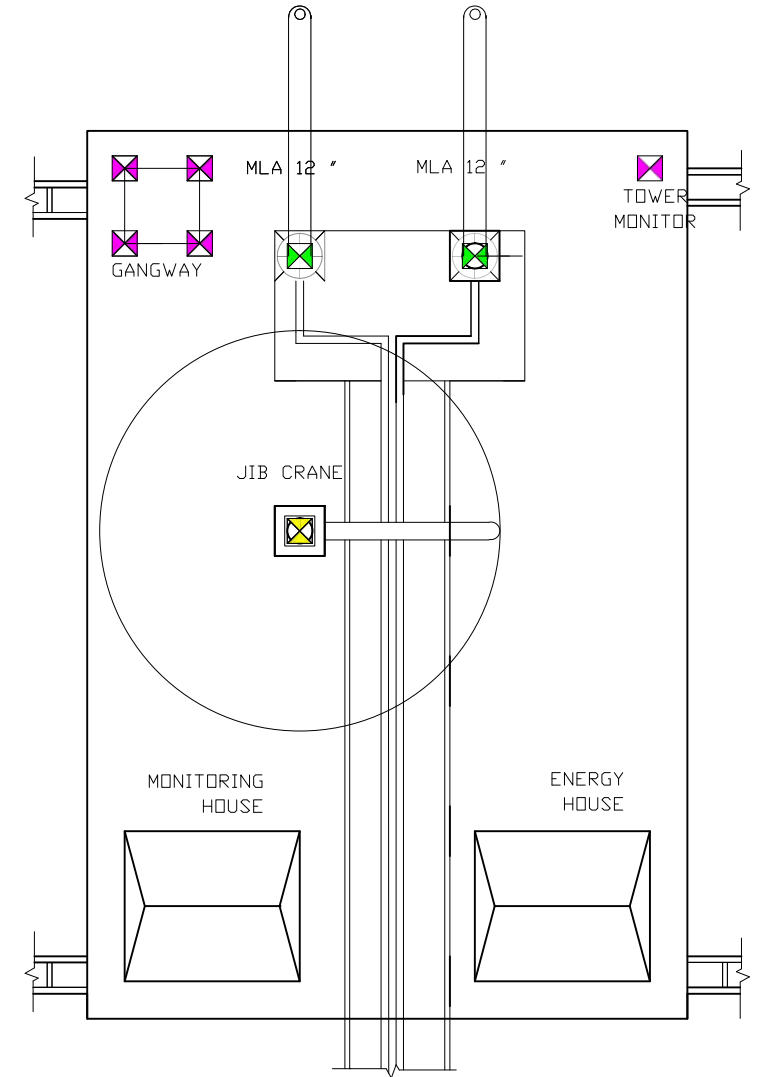
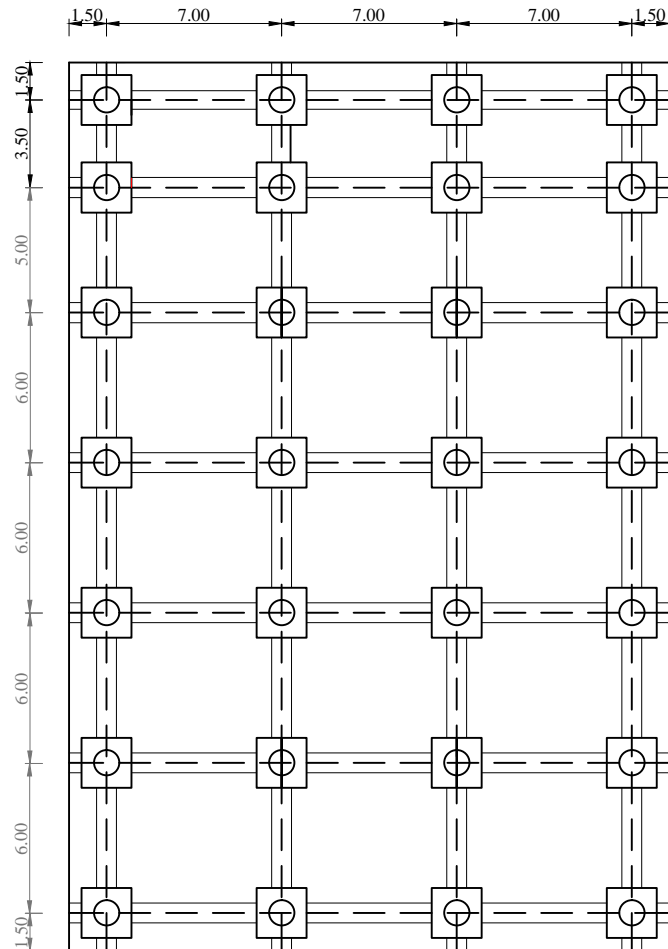
NAMA GAMBAR

Layout Perairan Island Berth

SKALA GAMBAR

1 : 200

NOMOR GAMBAR



Layout Loading Platform

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

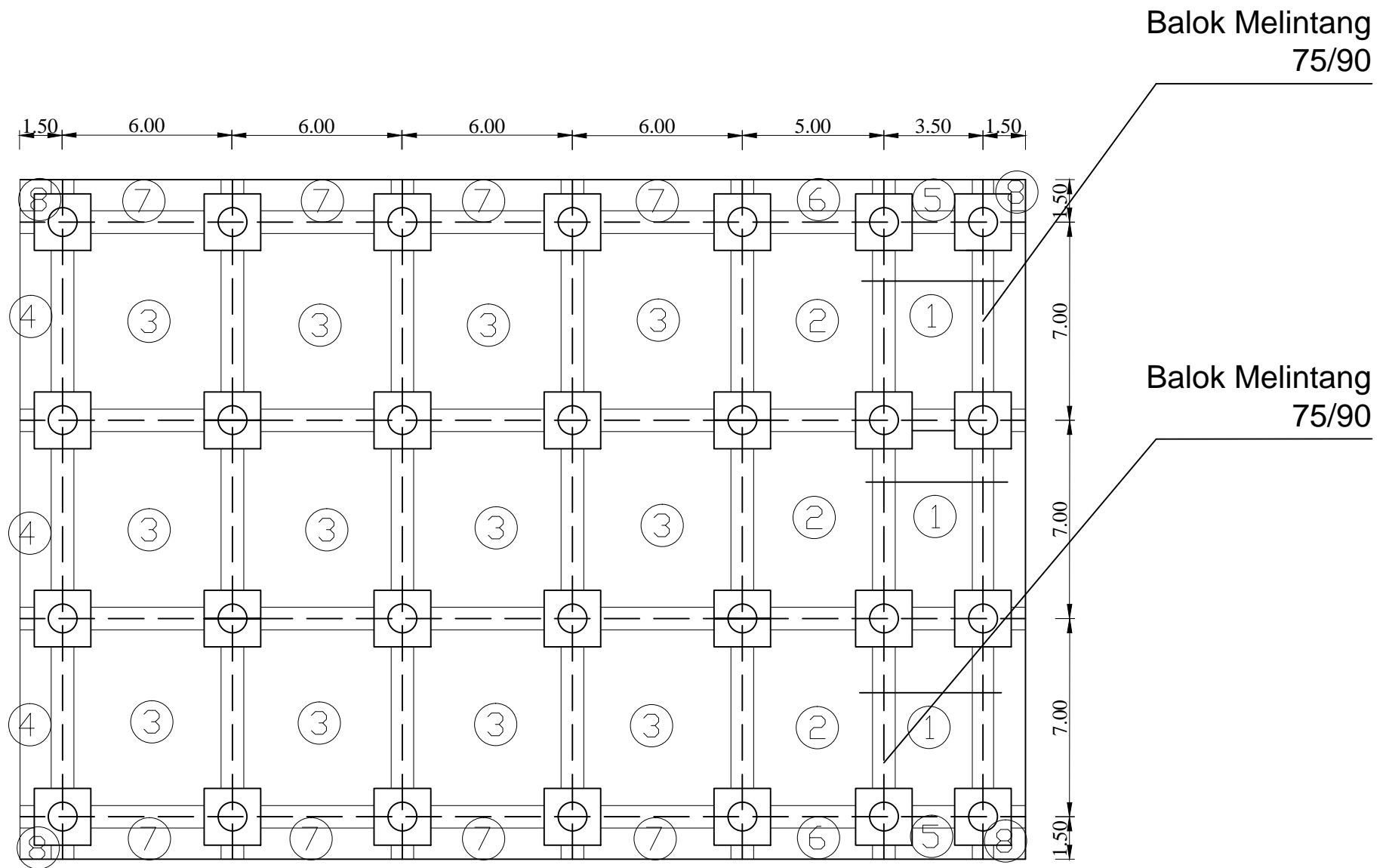
NAMA GAMBAR

LAYOUT LOADING PLATFORM

SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

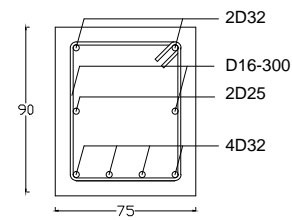
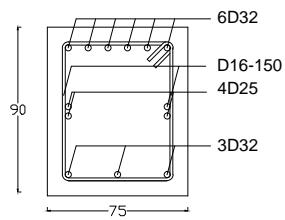
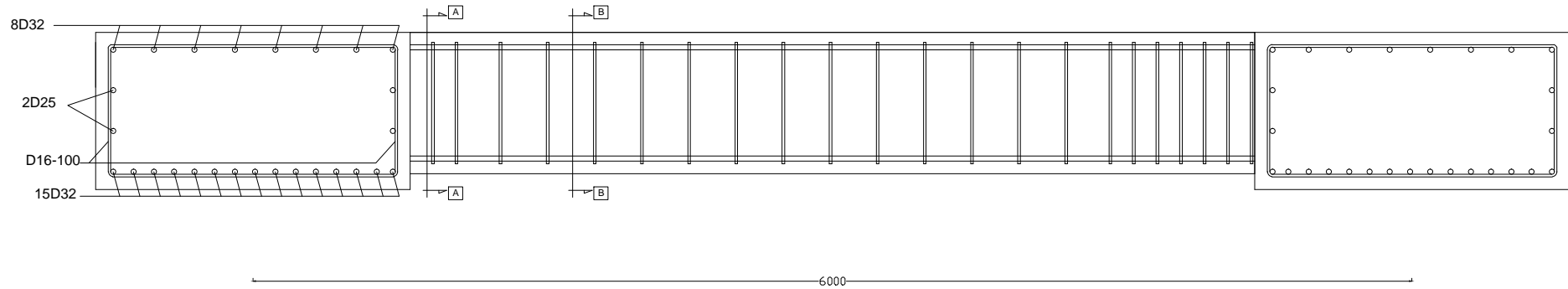
NAMA GAMBAR

Denah Pelat dan Pembalokan

SKALA GAMBAR

1 : 200

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

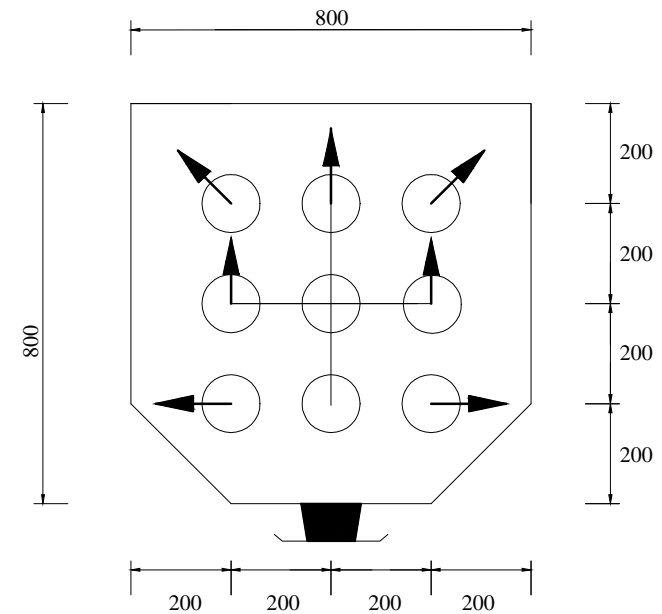
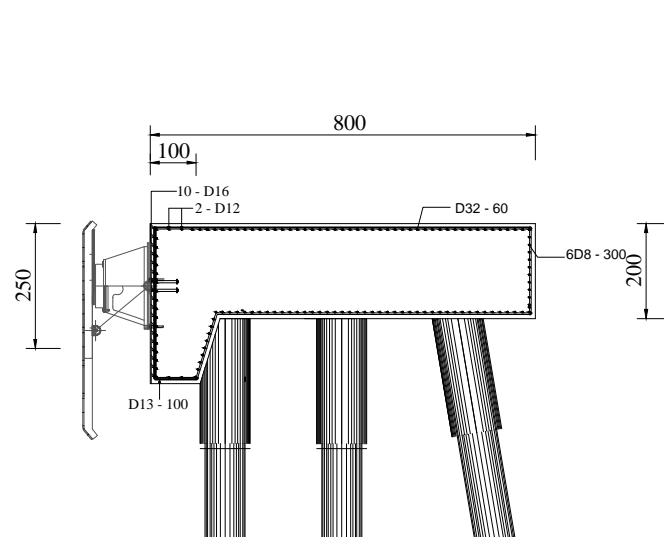
NAMA GAMBAR

Penulangan Balok

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

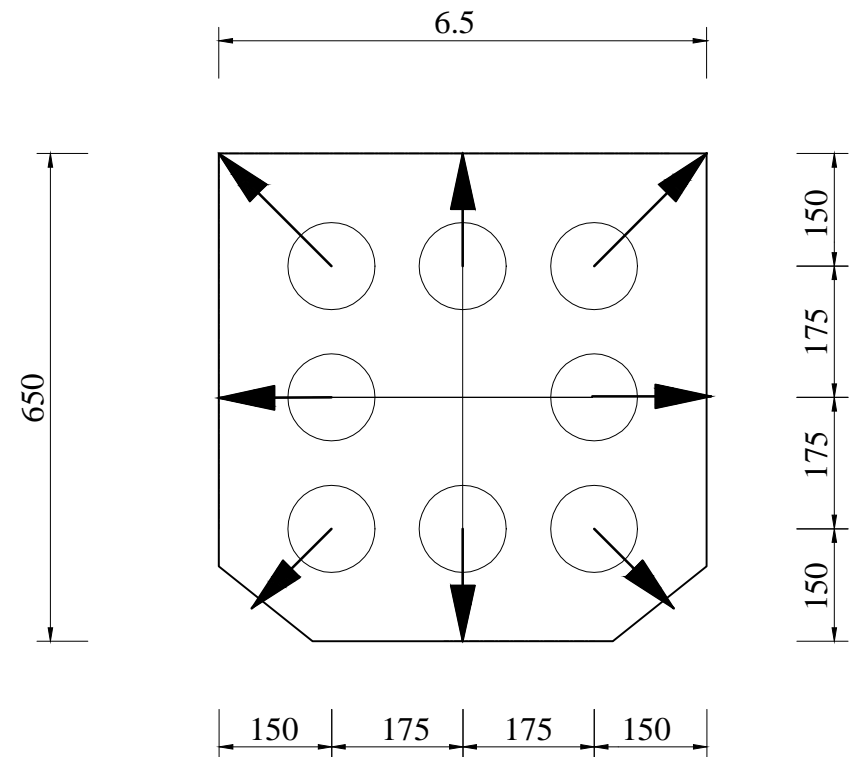
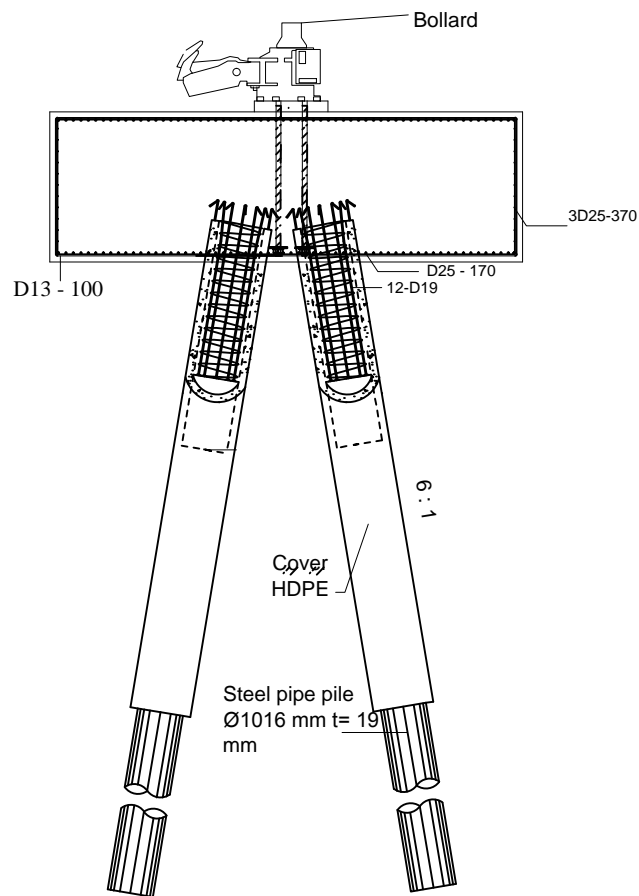
NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Breasting Dolphin dan Denah Pemancangan

SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

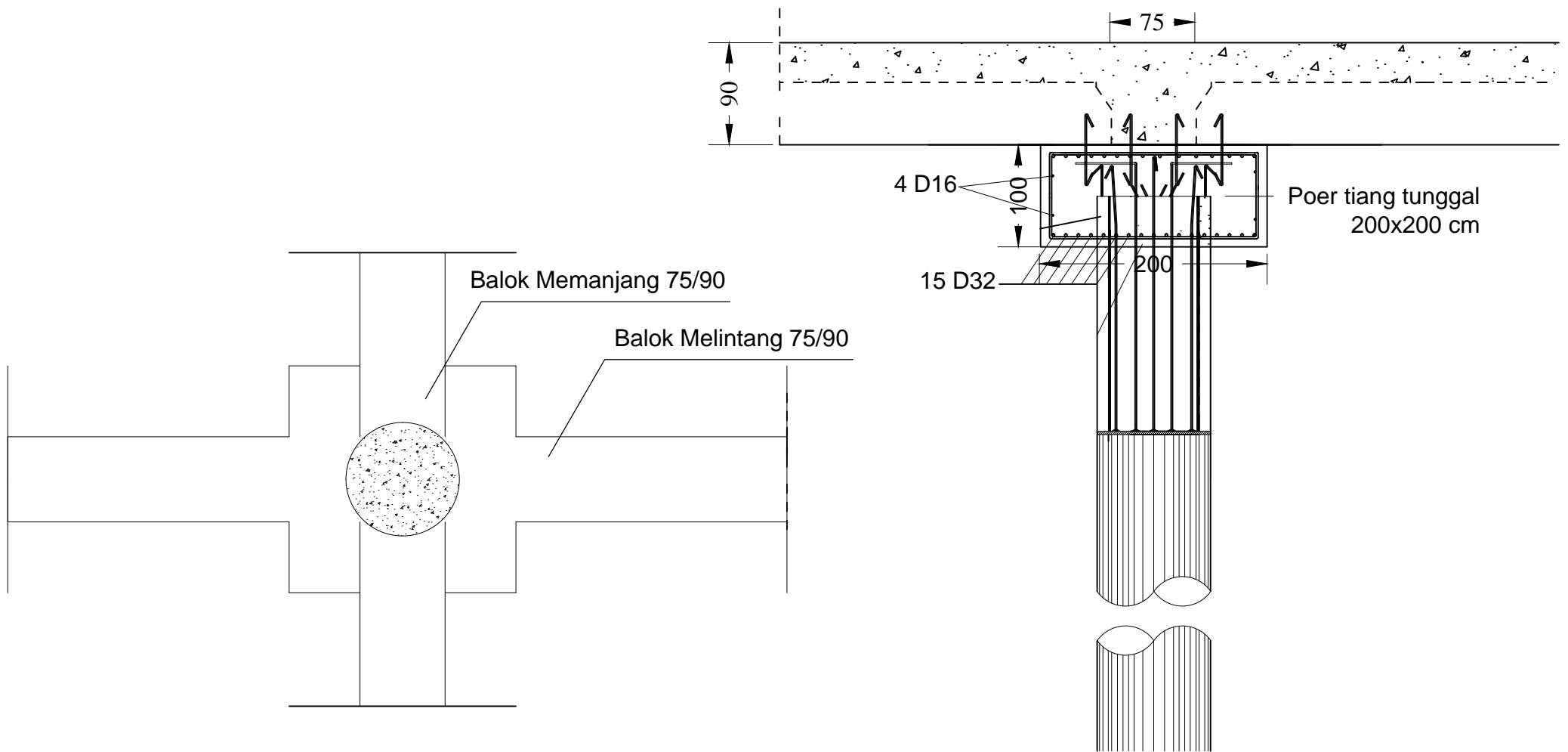
NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Mooring dan Denah Tiang Pancang

SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

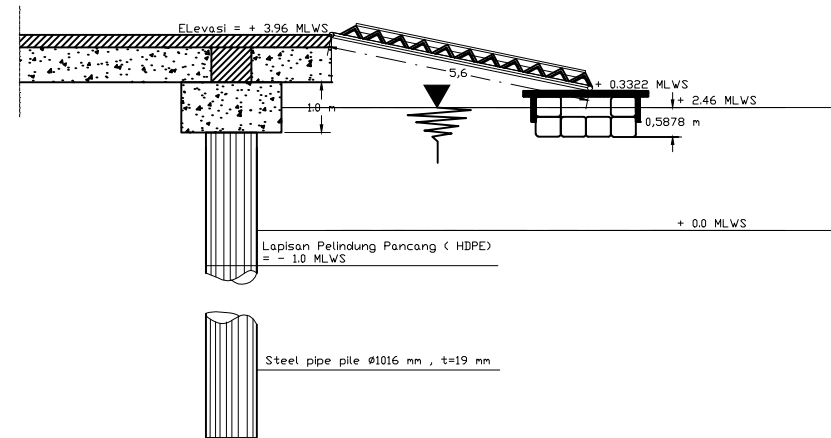
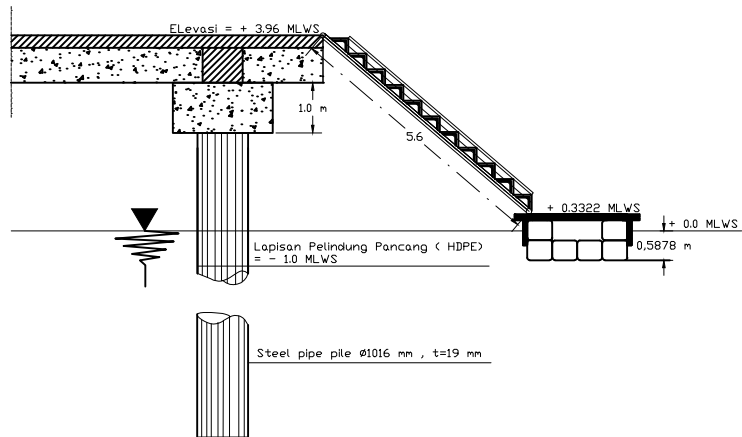
NAMA GAMBAR

Penulangan Poer

SKALA GAMBAR

1 : 50

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

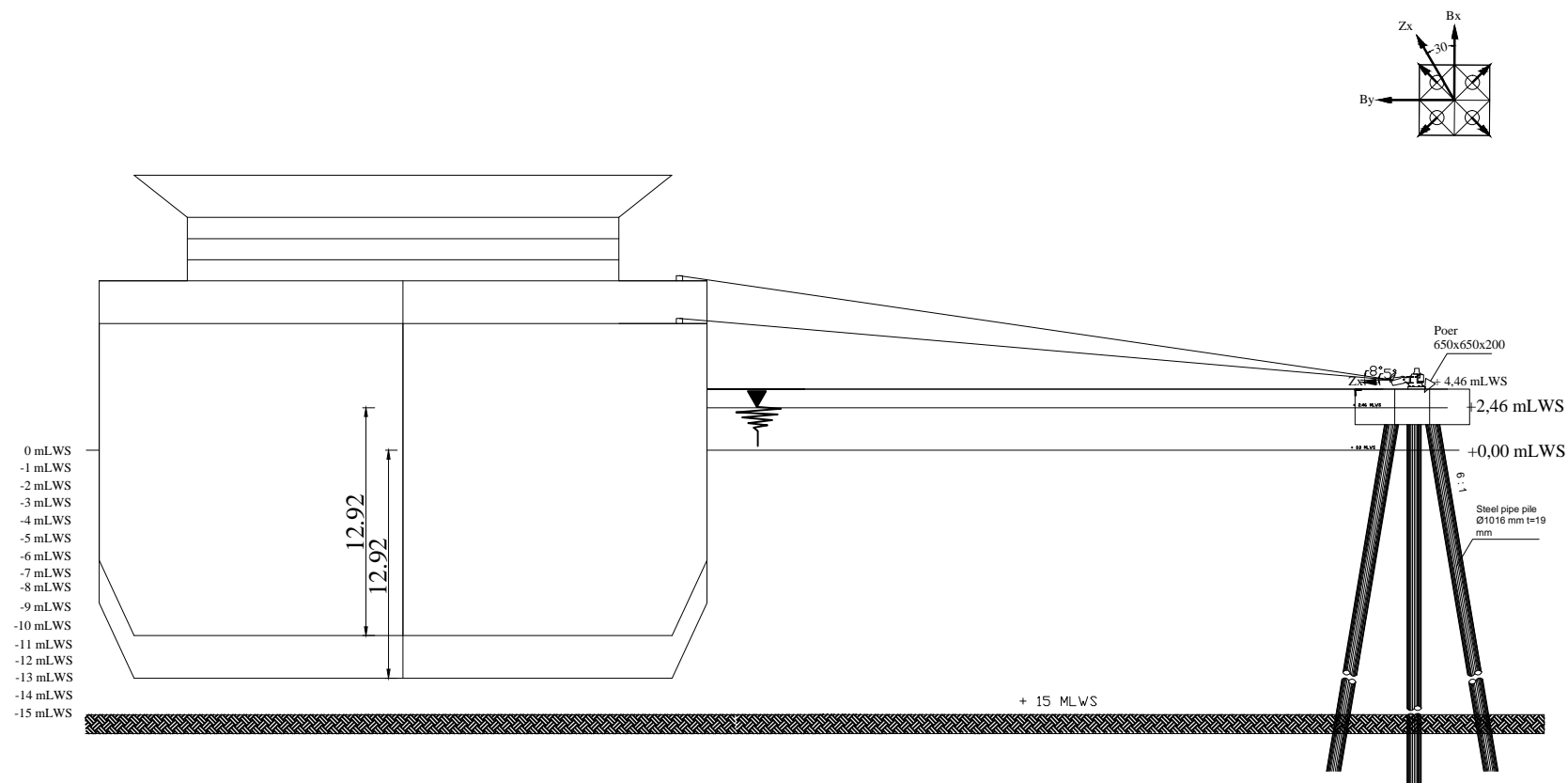
NAMA GAMBAR

Posisi Gangway saat kondisi pasang dan Surut

SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

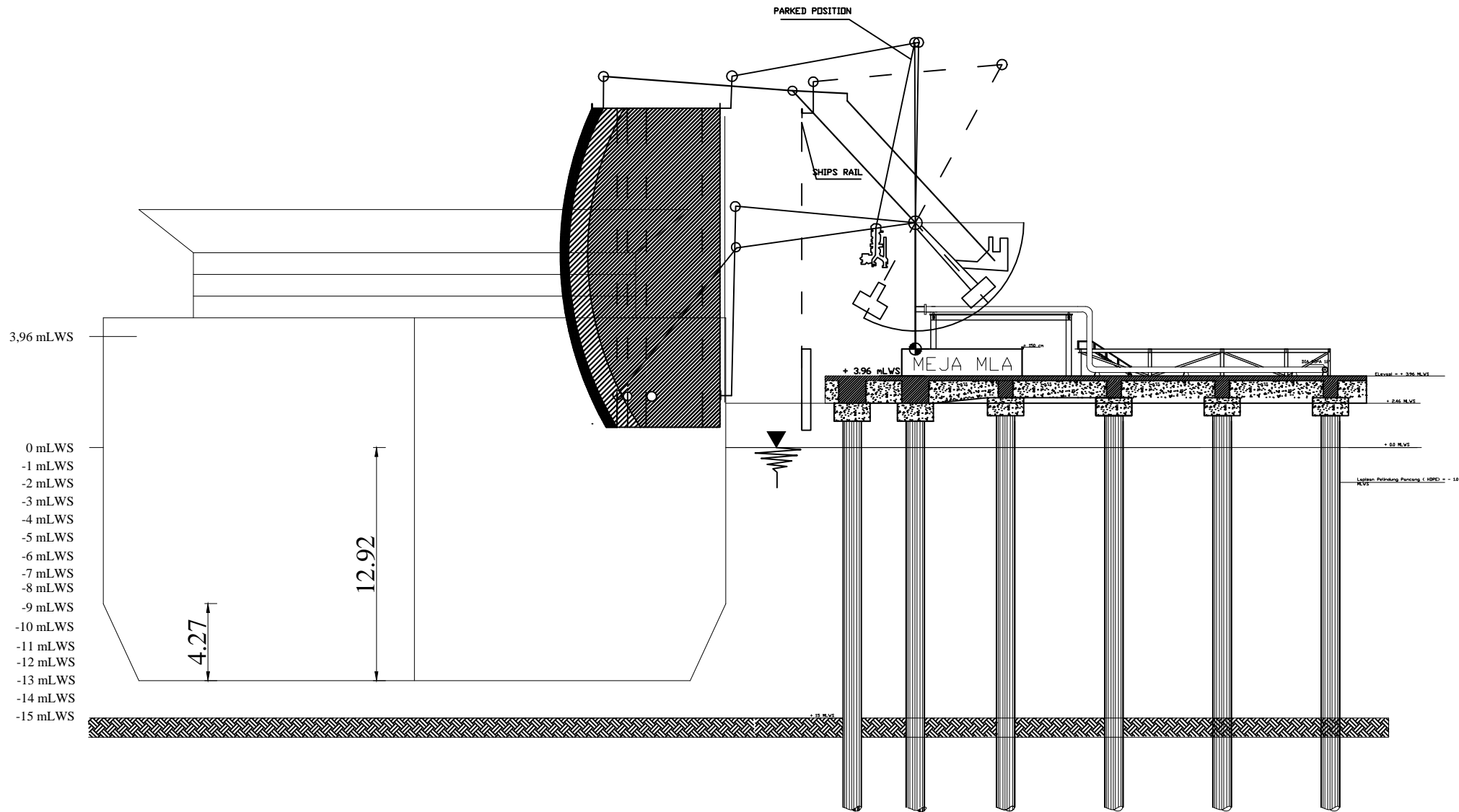
NAMA GAMBAR

Potongan Melintang
Mooring Dophin Saat Pasangdengan Kapal Full Draft

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

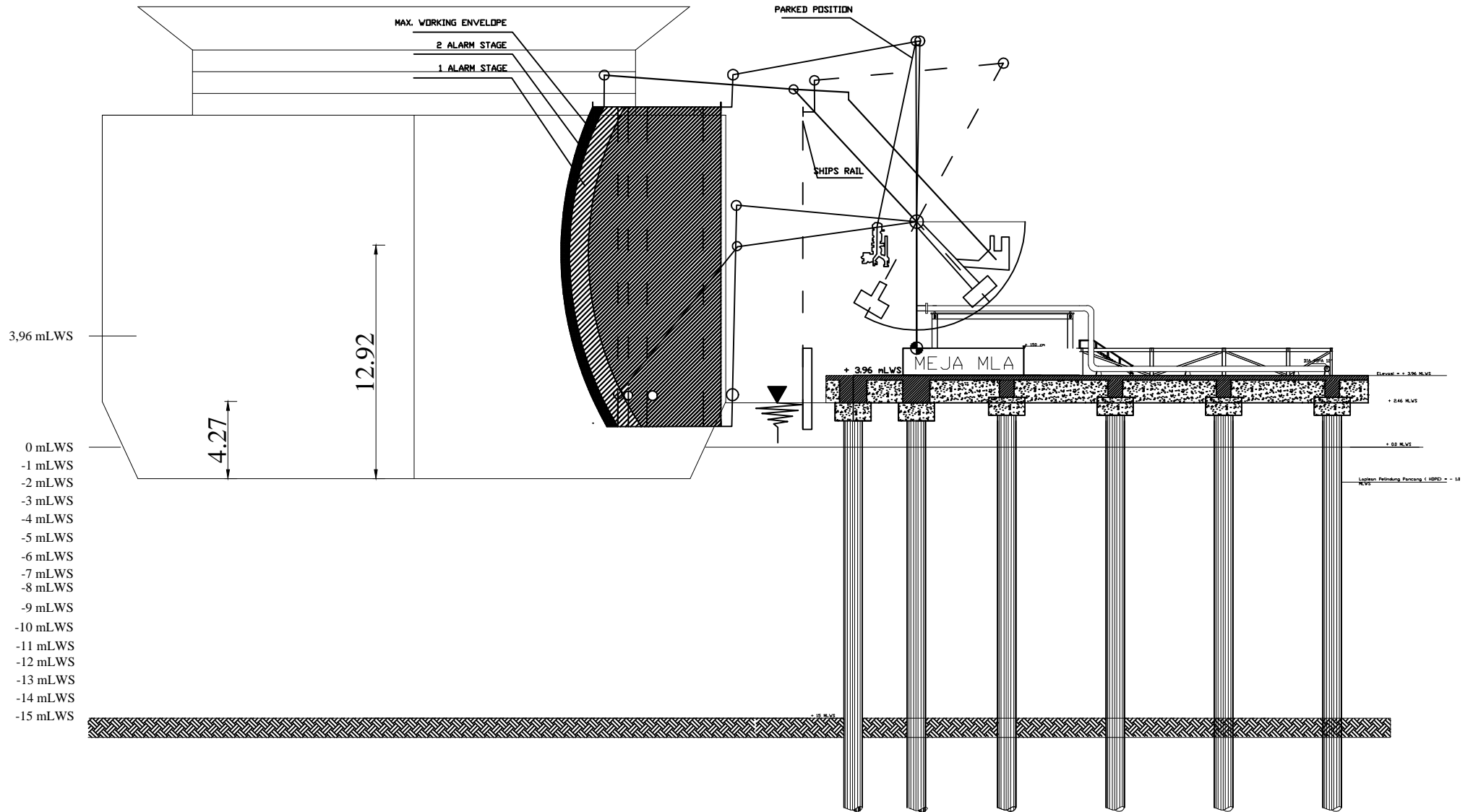
NAMA GAMBAR

Momen Envelop MLA kondisi Full Draft Kondisi Surut

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

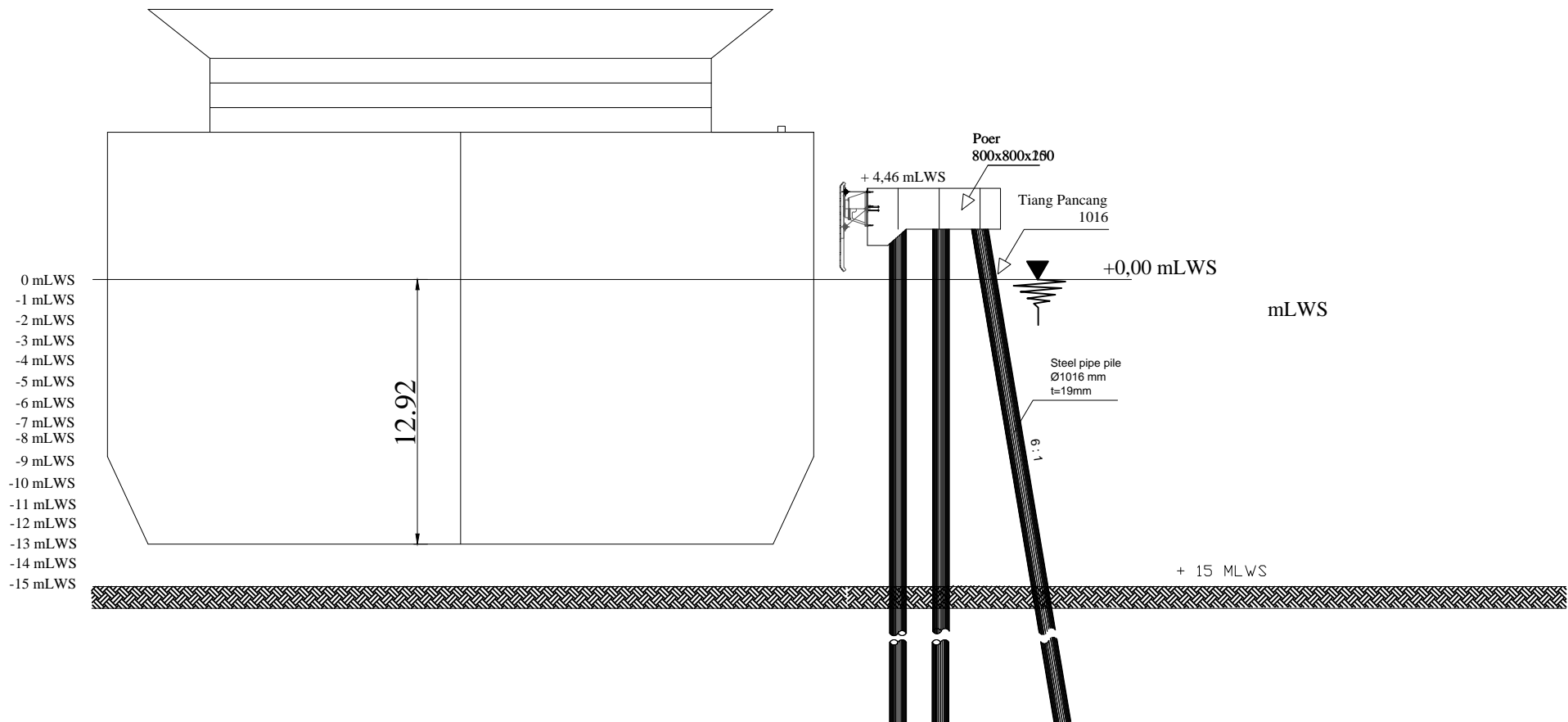
NAMA GAMBAR

Momen Envelop MLA kondisi Light Draft Kondisi Pasang

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

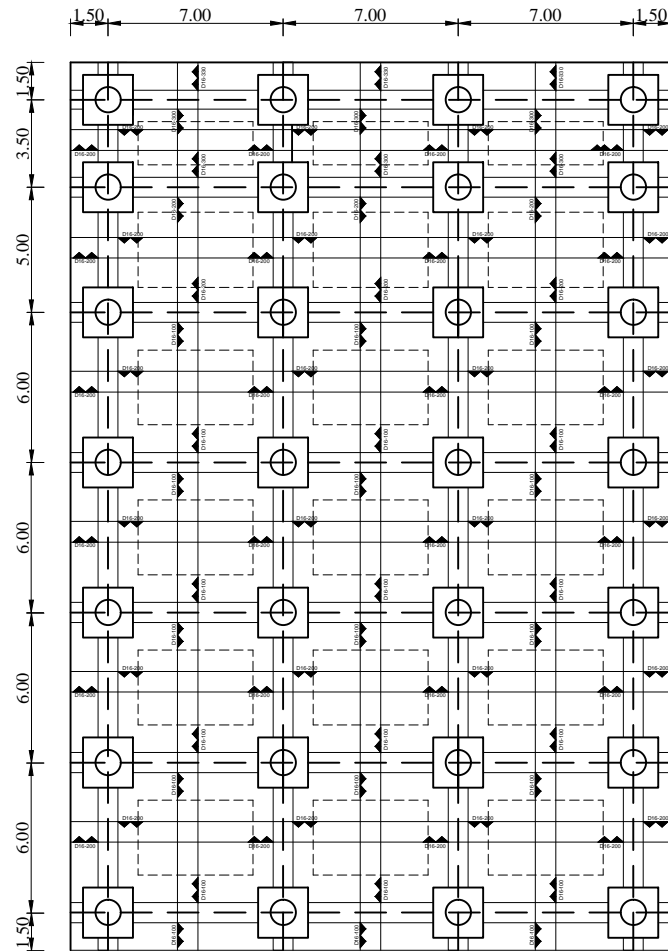
NAMA GAMBAR

Posisi Fender dan Kapal saat Surut

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR GAMBAR



Penulangan Pelat
Skala 1 : 300



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
 TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
 85 DI TERSUS PT BADAK NGL, BONTANG

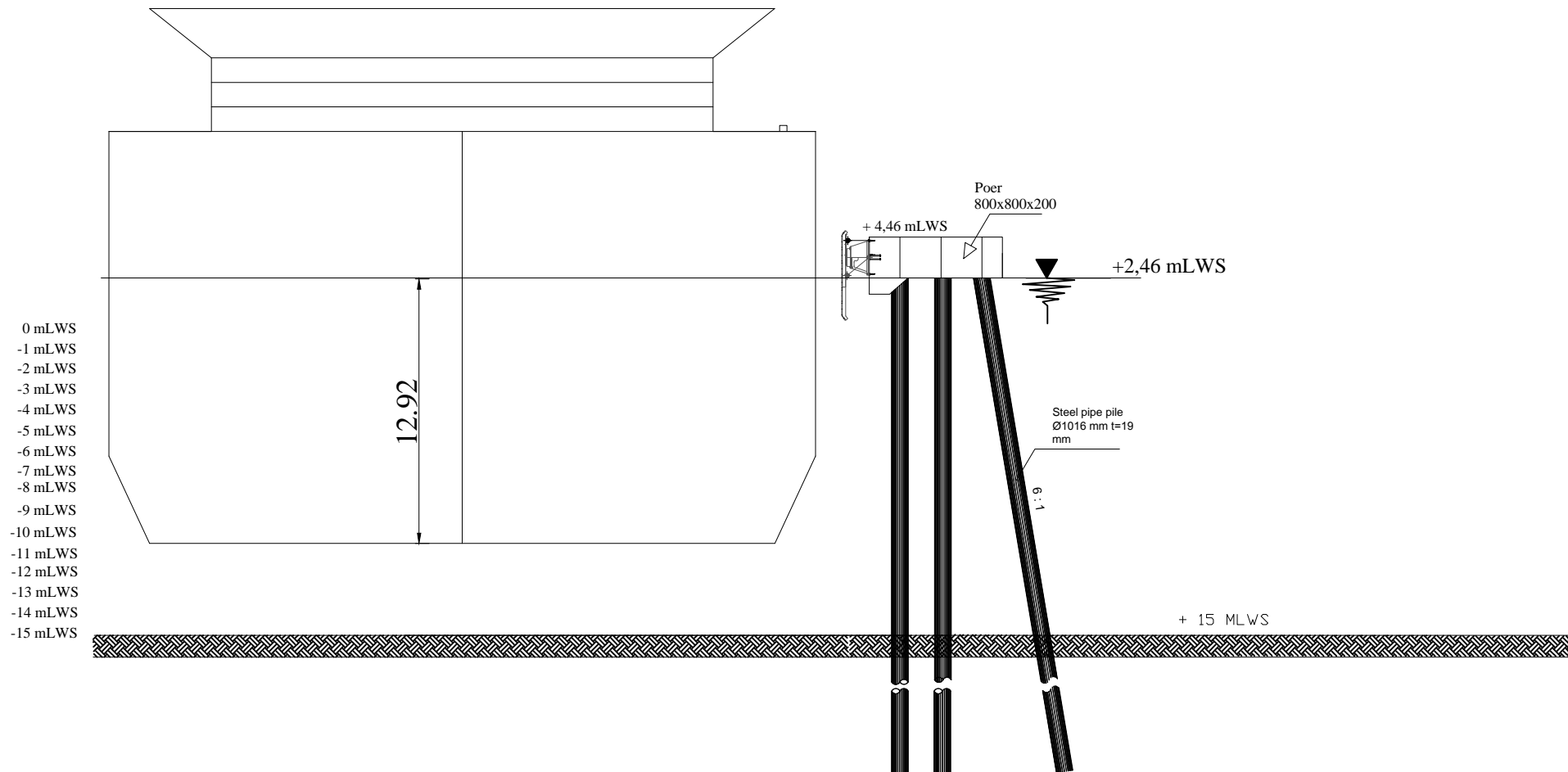
DOSEN PEMBIMBING
 Ir. Fuddoly, M.Sc
 Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA
 Adita Utami
 3112100145

NAMA GAMBAR
 Penulangan Pelat

SKALA GAMBAR
 1 : 300

NOMOR GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DERMAGA ISLAND BERTH UNTUK KAPAL
TANKER 8500 DWT UNTUK LOADING OIL PRODUCT BBM RON
85 DI TERSUS PT BADAQ NGL, BONTANG

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Fuddoly, M.Sc
Cahya Buana, ST. MT.

MAHASISWA

Adita Utami
3112100145

NAMA GAMBAR

Posisi Fender dan Kapal saat Pasang

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR GAMBAR

BAB IX KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa, perencanaan, serta evaluasi yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Spesifikasi Kapal Rencana
 - a. DWT : 85000 ton
 - b. Displacement Tonnage : 120000 ton
 - c. GT : 47005 ton
 - d. LOA : 242 m
 - e. Lbp : 230 m
 - f. Width : 35,4 m
 - g. Full Draft : 12,92 m
 - h. Light Draft : 4,27 m
 - i. Height : 20,12 m
 - j. Capacity : 133024 m³

2. Struktur jetty yang direncanakan terdiri dari *loading platform, breasting dolphin, mooring dolphin, catwalk, dan Floating Pontoon*

3. Struktur Loading Platform direncanakan beton bertulang konvensional dengan spesifikasi :
 - a. Dimensi struktur : 35,5 x 24 m
 - b. Dimensi balok melintang : 75 x 90 cm
 - c. Dimensi balok memanjang : 75 x 90 cm
 - d. Selimut beton : 8 cm
 - e. Tebal pelat dua arah : 30 cm
 - f. Tebal pelat satu arah : 30 cm
 - g. Mutu beton : K 350
 - h. Mutu baja : U 32
 - i. Tulangan pelat : D 16

- j. Tulangan lentur : D 32
- k. Tulangan geser : Ø 22
- l. Pile cap tunggal : 200 x 200 x 100 cm
- m. Tiang pancang : Ø1016 mm
: t = 19 mm
- n. Kemiringan tiang : 6 : 1
- o. Kedalaman tiang tegak : -25 mLWS
- p. Panjang tiang tegak : 28 m
- q. Kedalaman tiang miring : -40 mLWS
- r. Panjang tiang miring : 40 m

4. Struktur Breasting Dolphin direncanakan beton bertulang konvensional dengan spesifikasi :

- a. Dimensi struktur : 8 x 8 m
- b. Selimut beton : 8 cm
- c. Tebal poer : 2 m
- d. Mutu beton : K 350
- e. Mutu baja : U 32
- f. Tulangan lentur : D 32
- g. Tiang pancang : Ø1016 mm
: t = 19 mm
- h. Kemiringan tiang : 6 : 1
- i. Kedalaman tiang : -57 mLWS
- j. Panjang tiang : 60 m

5. Struktur Mooring Dolphin direncanakan beton bertulang konvensional dengan spesifikasi :

- a. Dimensi struktur : 6,5 x 6,5 m
- b. Selimut beton : 8 cm
- c. Tebal poer : 2 m
- d. Mutu beton : K 350
- e. Mutu baja : U 32
- f. Tulangan lentur : D 32
- g. Tiang pancang : Ø1016 mm
: t = 19 mm

- h. Kemiringan tiang : 6 : 1
 - i. Kedalaman tiang : -59 mLWS
 - j. Panjang tiang : 60 m
6. Struktur Catwalk direncanakan sebagai struktur baja *circular hollow section* dengan spesifikasi :
- a. Bentang struktur : 24, 28, dan 30 m
 - b. Dimensi balok utama : CHS 219 x 10
 - c. Lebar pelat : 2 m
 - d. Tinggi rangka : 1,5 m
7. Struktur Floating Pontoon direncanakan menggunakan box pontoon yang terbuat dari HDPE dengan pengaku Stainless steel Galvanised dengan spesifikasi :
- a. Luas : 625 m²
 - b. Tiang pancang : Ø1016 mm
t = 19 mm
 - c. Tiang pancang : 50 mm
t = 19 mm
 - d. Draft : 58,38
8. Dalam pelaksanaan konstruksi dermaga Island Berth ini, Direksi kit yang digunakan berada diatas kapal pontoon, hal ini dikarenakan lokasi proyek yang berada ditengah laut. Sehingga digunakan direksi kit ini untuk mempermudah koordinasi dan pelaksanaan proyek dilapangan. Selain itu, dibangun temporary jetty yang berlokasi di garis pantai yang berjarak 357 m dari area proyek yang menghubungkan antara area penumpukan material dan lokasi proyek untuk memudahkan mobilisasi dan demobilisasi pekerja, alat, maupun material. Sistem keamanan dan keselamatan yang digunakan dalam proyek ini adalah sistem yang telah berstandar ISO serta tenaga yang digunakan dalam pekerjaan proyek ini sudah bersertifikat resmi. Suatu proyek dengan metode sistematis dan terstruktur dapat menekan kemungkinan terjadinya keterlambatan durasi proyek dan angka kecelakaan

dalam pekerjaan proyek Dermaga Island Berth untuk kapal tanker 85000 di area offshore PT Badak NGL, Bontang ini.

- e. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan **Dermaga Dermaga Island Berth untuk Kapal Tanker 85000 DWT untul Loading Oil Product Bahan Bakar Minyak Premium RON 85 di Tersus PT. Badak NGL, Bontang** adalah sebesar : *Rp. 192,194,800,000*

Terbilang :

Seratus Sembilan Puluh Dua Milyar Seratus Sembilan Puluh Empat Juta Delapan Ratus Ribu Rupiah

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Indonesia 1971*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- PIANC. 2002. *Guidelines for the design of fenders systems*.
- PIANC. 2014. *Harbour Approach Channels Design Guidelines*.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. *SNI-03 1726 2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Bandung
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *SNI 1729 2002 Tata Cara Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Bandung
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta
- Thoresen, Carl A. 2003. *Port designer's handbook*. Thomas Telford. British
- Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. *Diktat Pelabuhan*. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
- Wahyudi, Herman. 2013. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Probolinggo, 26 Oktober 1995, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Krucil (Probolinggo), SMPN 1 Krucil (Probolinggo), dan SMAN 10 Malang. Setelah lulus SMA pada tahun 2012, penulis mengikuti Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri dan diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100145. Di tahun kedua perkuliahan, penulis aktif sebagai Staff di Himpunan Mahasiswa Sipil, di beberapa kepanitiaan tingkat jurusan, fakultas, dan Institut. Di tahun ketiga perkuliahan, penulis aktif di BEM FTSP sebagai Ketua Biro Kepelatihan, Ketua Biro Hubungan Alumni dan Kemitraan Hublu HMS, dan Pemandu aktif LKMM TD FTSP ITS. Selama perkuliahan penulis juga aktif mengikuti pelatihan – pelatihan manajemen diri, manajemen kegiatan, public speaking, serta aktif dalam mengikuti beberapa kompetisi Karya tulis ilmiah tingkat nasional. Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email : adita.utami1995@gmail.com